

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**Lékařská fakulta v Hradci Králové**

# **DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Doktorský studijní program**

**Patologie**

**BENEFITY CT VYŠETŘENÍ V SOUDNÍM LÉKAŘSTVÍ**

**THE BENEFITS OF THE COMPUTED TOMOGRAPHY  
IN THE FORENSIC MEDICINE**

**MUDr. Štěpánka Pohlová Kučerová**

**Školitel: prof. MUDr. Petr Hejna, Ph.D.**

**Hradec Králové, 2020**

---

## PROHLÁŠENÍ AUTORA

---

Prohlašuji tímto, že jsem doktorskou disertační práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje. Zároveň dávám souhlas k tomu, aby tato práce byla uložena v Lékařské knihovně Lékařské fakulty v Hradci Králové a zde užívána ke studijním účelům za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou publikační nebo přednáškovou činnost, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

Souhlasím se zpřístupněním elektronické verze mé práce v informačním systému Univerzity Karlovy, Praha.

Hradec Králové, 2020

MUDr. Štěpánka Pohlová Kučerová

---

## PODĚKOVÁNÍ

---

Děkuji v první řadě svému školiteli prof. MUDr. Petru Hejnovi, Ph.D., za odborné vedení a cenné rady při psaní této disertační práce, přátelský a vstřícný přístup během celého mého studia a trvalé nadšení, zanícení a lásku k oboru soudní lékařství, kterou mi vštěpuje již od mého počátečního působení na Ústavu soudního lékařství LF a FN Hradec Králové.

Dále děkuji všem lékařským i nelékařským kolegům z Ústavu soudního lékařství LF a FN Hradec Králové za adekvátní indikaci a provádění CT vyšetření v běžném pitevním provozu a jejich nadšení pro rozvoj a aplikaci zobrazovacích metod v soudnělékařské praxi. Bez jejich spolupráce by tato práce stěží vznikla. Děkuji též spolupracujícím kolegům z Radiologické kliniky FN Hradec Králové, jmenovitě panu Václavu Novotnému, paní Anetě Novákové a MUDr. Pavlu Rejtarovi, Ph.D. za ochotnou kooperaci při provádění CT vyšetření a cenné rady při odečítání nálezů.

V neposlední řadě děkuji své rodině a blízkým přátelům za nekonečnou podporu a trpělivost během celého mého studia.

---

## OBSAH

---

PROHLÁŠENÍ AUTORA .....	3
PODĚKOVÁNÍ.....	4
OBSAH .....	5
POUŽITÉ ZKRATKY .....	7
SOUHRN .....	9
SUMMARY .....	11
1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY .....	13
1.1 Soudní lékařství & zobrazovací metody .....	13
1.2 Historie a současnost zobrazovacích metod v soudním lékařství .....	15
1.3 PmCT vyšetřování v ÚSL LF a FN Hradec Králové .....	18
2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE .....	22
3. MATERIÁL A METODIKA .....	23
4. UTONUTÍ .....	25
4.1 Úvod do soudnělékařské diagnostiky utonutí .....	25
4.2 Cíle .....	29
4.3 Materiál a metodika.....	29
4.4 Výsledky.....	32
4.5 Diskuze.....	46
4.6 Závěr.....	53
5. BODNOŘEZNÁ PORANĚNÍ .....	56
5.1 Úvod do soudnělékařské diagnostiky poranění ostrým předmětem.....	56
5.2 Cíle .....	60
5.3 Materiál a metodika.....	60
5.4 Výsledky.....	62
5.5 Diskuze.....	71
5.5.1 Přítomnost tekutiny v tělních dutinách.....	74

5.5.2 Přítomnost vzduchu v měkkých tkáních a tělních dutinách .....	75
5.5.3 Vzduchová (plynová) embolie .....	76
5.6 Závěr.....	78
6. STŘELNÁ PORANĚNÍ.....	81
6.1 Úvod do soudnělékařské diagnostiky střelných poranění .....	81
6.2 Cíle .....	87
6.3 Materiál a metodika.....	88
6.4 Výsledky.....	89
6.5 Diskuze.....	102
6.6 Závěr.....	106
7. ZÁVĚRY DISERTAČNÍ PRÁCE .....	109
8. NÁMĚTY PRO DALŠÍ VÝZKUM.....	115
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	116

---

## POUŽITÉ ZKRATKY

---

3D	trojrozměrný
A	ano
aj.	a jiné
a kol.	a kolektiv
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
CAN	<i>child abuse and neglect</i> (týraní a zanedbávání dítěte)
CD	kompaktní disk pro záznam dat
CT	výpočetní tomografie
č.	číslo
ČR	Česká republika
ČSSLaST	Česká společnost soudního lékařství a soudní toxikologie
ČLS JEP	Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně
dg.	diagnóza
dif.	diferenciální
et al.	a kolektiv
ev., event.	eventuálně
FN	fakultní nemocnice
HU	Hounsfieldovy jednotky
JIVEX	komponenta PACS systému, software pro správu, archivaci, zpracovávání, čtení a distribuci lékařských dat
kupř.	kupříkladu
LF	lékařská fakulta
M	muž
mj.	mimo jiné
N	náhoda
např.	například
MRI	<i>magnetic resonance imaging</i> , magnetická rezonance
NMR	nukleární magnetická rezonance

obr.	obrázek
OČTŘ	orgány činné v trestním řízení
PACS	<i>picture archiving and communication system</i>
PČR	Policie České republiky
pmCT	post mortem výpočetní (počítačová) tomografie
pmCTA	postmortální angiografické vyšetření výpočetní tomografií
pmMRI	<i>post mortem magnetic resonance imaging</i> , postmortální magnetická rezonance
pmNMR	postmortální nukleární magnetická rezonance
r.	roku, roce
resp.	respektive
ROI	<i>region of interest</i> (oblast zájmu)
RTG	rentgenové
SIDS	<i>sudden infant death syndrome</i> (syndrom náhlého úmrtí kojence)
S	sebevražda
SOP	standardní operační postup
SP	soudní pitva
tab.	tabulka
tč.	toho času
tj.	to jest
tzv.	tak zvaný
UK	Univerzita Karlova
ÚSL	Ústav soudního lékařství
V	vražda
vč.	včetně
ZP	zdravotní pitva
Ž	žena



---

## SOUHRN

---

Radiologické zobrazovací metody představují v soudním lékařství vedle histologického, toxikologického, biochemického, mikrobiologického a serologického vyšetření jednu z komplementárních vyšetřovacích metod ke klasické pitvě. Výchozí, základní a běžně dostupnou radiodiagnostickou zobrazovací metodou v soudnělékařské praxi je RTG snímkování. S rozvojem moderních radiologických zobrazovacích metod (zejména výpočetní tomografie a nukleární magnetické rezonance) došlo k postupné aplikaci těchto moderních metod i do soudního lékařství. Post mortem CT (pmCT) vyšetření představuje dnes v nejvyspělejších státech světa (Švýcarsku, Dánsku, Austrálii, Japonsku, Německu, Itálii, Francii a dalších) již běžnou součást forenzní diagnostické praxe a od r. 2015 je toto vyšetření dostupné i na dvou soudnělékařských pracovištích v ČR. Cílem disertační práce bylo zhodnotit benefity pmCT vyšetření v běžné soudnělékařské praxi ve třech ucelených souborech osob, které zemřely v důsledku utonutí, bodnořezného poranění nebo střelného poranění, u nichž bylo před klasickou pitvou provedeno pmCT vyšetření, a stanovení základní metodiky pmCT vyšetřování u těchto tří konkrétních diagnostických kategorií.

Na podkladě výsledků disertační studie bylo zjištěno, že pmCT vyšetření u utonutí, resp. u těl vytažených z vody umožňuje zobrazení skupiny typických morfologických diagnostických nálezů charakteristických pro utonutí, a to vodní rozedmu plic, přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách, přítomnost tekutiny v dýchacích cestách, Wydlerovu známku a hemodiluci v levostranných srdečních oddílech.

V případě bodnořezných poranění je za pomoci pmCT možné zobrazit hrubé úrazové změny v oblasti kožního krytu, avšak drobné a povrchové úrazové změny (zejména zkusmé nářezy kůže) jsou ve většině případů pod rozlišovací schopností pmCT vyšetření. U této diagnostické kategorie je pmCT přínosné v diagnostice přítomnosti volné tekutiny v tělních dutinách (zejména v dutině hrudní), přítomnosti vzduchu (plynu) v měkkých tkáních a tělních dutinách, průkazu vzduchové (plynové) embolie, diagnostice poranění kostěných struktur a průkazu přítomnosti cizích těles (zalomených bodnořezných nástrojů) v těle zemřelého.

Z výsledků studie vyplývá, že pmCT vyšetření představuje cennou diagnostickou metodu u střelných poranění, díky níž lze bezpečně hodnotit přítomnost a počet střel v těle, diferencovat vstřel a výstřel, rekonstruovat průběh střelného kanálu a ve většině případů určit příčinu smrti. Omezenou výpovědní hodnotu přináší pmCT vyšetření při určování vzdálenosti střelby, pro které je nezbytné současné zhodnocení vstřelového defektu zevní prohlídkou.

Obdobně je snížena diagnostická hodnota pmCT u případů, kde nejsou střelným poraněním zasaženy kostěné struktury. Vzhledem k absolutní indikaci zobrazovacího vyšetření u střelných poranění, lze v případě dostupnosti výpočetního tomografu na soudnělékařském pracovišti považovat pmCT vyšetření za metodu volby.

**Klíčová slova:** pmCT – soudní lékařství – forenzní radiologie – pitva – utonutí – bodnořezné poranění – střelné poranění

---

## SUMMARY

---

Radiological imaging methods represent one of the complementary examination methods supplementing conventional autopsy in addition to histological, toxicological, biochemical, microbiological, and serological examination in forensic medicine. The basic and commonly available radiological imaging method in forensic practice is X-ray imaging. With the development of modern radiological imaging methods (especially computed tomography and nuclear magnetic resonance), these modern methods have been gradually applied to the field of forensic medicine. The rapid development of radiological imaging methods in recent years (especially computed tomography and nuclear magnetic resonance) has caused the gradual application of these modern methods in the field of forensic medicine. Post mortem CT (pmCT) examination is now a common part of forensic medicine in the most developed world countries (Switzerland, Denmark, Australia, Japan, Germany, Italy, France and others) and since 2015 this examination has been available at two departments of forensic medicine in the Czech Republic. The primary aim of the study was to evaluate the benefits of pmCT examination in routine forensic practice in three comprehensive groups of individuals who died as a result of drowning, stab wound or gunshot injury, who underwent pmCT examination before a classic autopsy. Another goal was to determine the basic methodology of pmCT examination in these three specific diagnostic categories.

The results of the study showed that pmCT examination allows the display of a set of typical morphological diagnostic findings characteristic for drowning, namely water emphysema, the presence of fluid in the paranasal sinuses, the presence of fluid in the airways, Wydler's mark and hemodilution in the left heart compartments.

PmCT examination can show gross skin injuries in cases of stab wounds. Minor and superficial traumatic changes (especially hesitation marks) are in most cases below the resolution of pmCT. On the other hand, pmCT is useful in the detection of fluid in body cavities (especially in the thoracic cavity), the presence of air (gas) in soft tissues and body cavities, the diagnosis of air (gas) embolism, the recognition of bone injuries and imaging foreign bodies (broken sharp weapons) in the body of the deceased.

Based on the results of the study, it was found that pmCT examination is a valuable diagnostic method for gunshot injuries. PmCT allows to assess the presence and number of bullets in the body, differentiate the entry wound and the exit wound, reconstruct the bullet path, and in most cases determine the cause of death. PmCT examination provided a limited information

in determining the range of firing (contact – intermediate – distant), and in cases where bone structures are not affected. Due to the absolute indication of imaging examination in cases of gunshot injuries, pmCT examination can be considered as the method of choice.

**Key words:** post mortem computed tomography – forensic medicine – forensic radiology – autopsy – drowning – stab wound – gunshot wound

---

## 1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

---

*“IMAGINATION IS MORE  
IMPORTANT THAN KNOWLEDGE.  
FOR KNOWLEDGE IS LIMITED TO  
ALL WE NOW KNOW AND  
UNDERSTAND, WHILE  
IMAGINATION EMBRACES THE  
ENTIRE WORLD, AND ALL THERE  
EVER WILL BE TO KNOW AND  
UNDERSTAND. “*

*ALBERT EINSTEIN (1879 – 1955)*

### 1.1 Soudní lékařství & zobrazovací metody

Základní náplní oboru soudní lékařství je provádění zdravotních a soudních pitev s cílem stanovit příčinu smrti, detekovat možnou spoluúcast cizí osoby na smrti dotyčné osoby a v případě úrazové smrti též ozřejmit mechanismus úrazového děje. Nejdůležitějším diagnostickým nástrojem soudních lékařů je především pitva, tj. zevní a vnitřní prohlídka těla zemřelého. Pitvu lze definovat jako odborný diagnostický medicínský výkon prováděný po smrti člověka, jehož účel a podmínky provádění se řídí obecně závaznými právními předpisy (Vojtíšek et al. 2016).

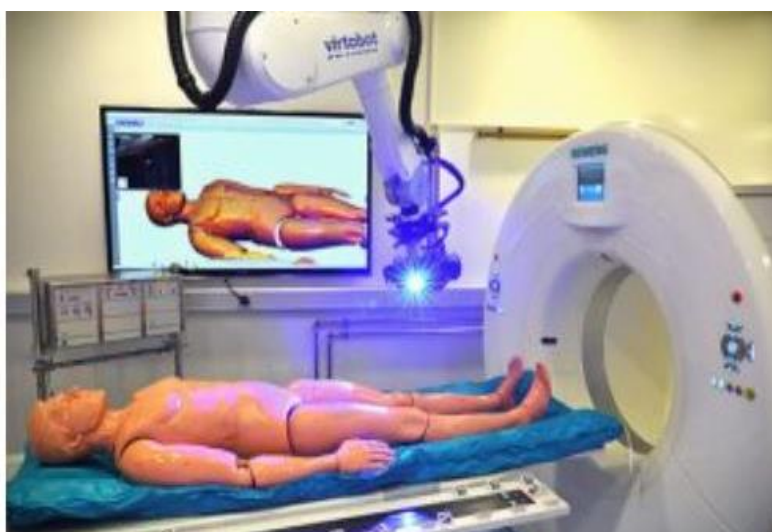
Tradiční „krvavá“ pitva je charakteristická eviscerací vnitřních orgánů ve čtyřech orgánových celcích a jejich následnou detailní preparací<sup>1</sup> (Hauser 1913). Tato hlavní vyšetřovací metoda však byla v průběhu vývoje oboru a medicíny doplněna o celé spektrum komplementárních veskrze laboratorních vyšetření, která napomáhají ke stanovení správné diagnózy (tj. určení příčiny smrti), k vyloučení úrazových změn, případně k objasnění mechanismu úrazu. Mezi tato vyšetření patří histologické vyšetření orgánů a tkání, chemicko-toxikologický, biochemický a serologický rozbor tělních tekutin, mikrobiologická analýza orgánů, tkání či tekutin a genetická analýza. Od konce 19. století patří mezi nedílné součásti lékařské diagnostiky též zobrazovací vyšetření. Výchozí radiodiagnostickou zobrazovací metodou je rentgenové snímkování, které patřilo po dlouhá léta prakticky mezi jedinou zobrazovací metodu používanou v soudním lékařství (Eckert & Garland 1984, Kučerová et al. 2014).

---

<sup>1</sup> Eviscerace dle Ghona a Zenkera.

Rozvoj radiodiagnostických metod v druhé polovině 20. století, a jejich elementární diagnostické postavení v moderní medicíně, mělo za následek postupný, a zprvu poněkud opatrný, průnik i do soudního lékařství. Vzhledem k tomu, že metodologie pitvy nepodstoupila od 19. století prakticky žádnou transformaci, mají post mortem CT vyšetření a MRI potenciál stát se v současné době, a především v budoucnosti, podstatným, ne-li snad hlavním, diagnostickým prostředkem v soudním lékařství (Persson et al. 2008).

Použití výpočetní tomografie pro potřeby soudního lékařství bylo poprvé zaznamenáno v roce 1983 (Schumacher et al. 1983) a od roku 1990 je do post mortem zobrazování implementována také magnetická rezonance (Ross et al. 1990). Tyto dvě základní radiodiagnostické metody postupem času dosáhly v řadě především západoevropských zemí statusu standardní součásti soudnělékařské praxe, případně jsou široce využívány experimentálně. Jejich aplikace na mrtvé tělo se označuje jako tzv. virtuální pitva (Thali et al. 2007). Za kolébkou virtuální (či digitální) pitvy je považován švýcarský Bern. Duchovním otcem celého projektu je rakouský soudní lékař a tehdejší přednosta soudnělékařského pracoviště v Bernu prof. Dr. Richard Dirnhofer, který nechal v roce 1998 zaregistrovat ochranné označení VIRTOPSY – [www.virtopsy.com](http://www.virtopsy.com) (Dirnhofer 2009). V současné době je vědeckou základnou a organizačním centrem projektu Ústav soudního lékařství ve švýcarském Curychu, který disponuje mimo CT přístroje doplněného o možnost postmortálního CT angiografického vyšetření (pmCTA) také nukleární magnetickou rezonancí (NMR) a tzv. virtobotem. Jedná se o modulární robotický systém, který umožňuje mj. automatizovanou 3D dokumentaci povrchu těla s vysokým rozlišením nebo odběr biologických vzorků pod CT kontrolou. Viz obr. 1.1.



**Obr. 1.1** Printscreen z webové prezentace projektu VIRTOPSY ukazující tzv. virtobot ([www.virtopsy.com](http://www.virtopsy.com))

Na poli výzkumném bylo k zobrazování forenzně významných nálezů aplikováno celé spektrum dalších zobrazovacích metod, které je možné i přes četné limitace pro postmortální zobrazování využít (Frišhons et al. 2017). Mezi takové metody se řadí např. post mortem sonografie (Mimasaka et al. 2012), post mortem endoskopie (Avrahami et al. 1995, Denzer et al. 2013, Kučerová et al. 2016), fotogrammetrie (Urbanová et al. 2015) či použití dronu k prohlídce těla v místě jeho nálezu (Urbanová et al. 2017).

Post mortem CT (pmCT) vyšetření představuje v současné době v nejvyspělejších státech světa (Švýcarsku, Dánsku, Austrálii, Japonsku, Německu, Itálii, Francii a dalších) již běžnou součást forenzní diagnostické praxe. V některých společnostech se silným multikulturním prostředím a multináboženským obyvatelstvem tvoří pmCT vyšetření dokonce alternativu ke standardní pitvě, především díky neinvaznímu a nemutilujícímu zobrazení struktur a tkání bez nutnosti zásahu do integrity těla (Kučerová et al. 2014, Kružić et al. 2018).

I pmCT vyšetření, po kterém následuje obligatorně provedená pitva, však poskytuje pitvajícímu lékaři důležité a mnohdy nenahraditelné informace, které umožňují cílené zaměření na zjištěné úrazové či chorobné změny, případně nabízí možnost modifikace pitevního postupu s ohledem na ozřejnění radiologicky zobrazených nálezů. Výhodou před vlastní pitvou provedeného pmCT vyšetření je u úrazů přehled o rozložení úrazových změn, prvotní informace o mechanismu úrazového děje a směru působícího násilí. Dále vyšetření umožní přesnou prostorovou lokalizaci cizích těles s jejich následným bezpečnějším vyjmutím při vlastní pitvě bez nutnosti tzv. hledání „naslepo“. V některých případech znázorní před pitvou provedené CT vyšetření nálezy vlastní pitvou obtížně diagnostikovatelné, standardními pitevními postupy nedetekovatelné, eventuálně zobrazí nálezy, které samotná pitva může překrýt či modifikovat. V neposlední řadě je zásadním přínosem před pitvou provedeného pmCT vyšetření také vyloučení hrubých mechanických úrazových změn na skeletu a vyloučení přítomnosti cizích těles a předmětů (např. střel) v těle zemřelých. S postupným vybavováním soudnělékařských pracovišť CT přístroji, případně s jejich externí dostupností pro jednotlivá soudnělékařská pracoviště, dochází v současné době k rozvoji této postmortální diagnostické metody i v České republice.

## **1.2 Historie a současnost zobrazovacích metod v soudním lékařství**

Výpočetní tomografie se k zobrazení těl zemřelých poprvé aplikovala již v roce 1979 při tzv. paleoimagingu, tj. při využití zobrazovacích metod ke zkoumání lidských ostatků z dřívějších geologických období (Harwood-Nash 1979). První korelační studie post mortem CT nálezů

s morfologickým pitevním nálezem byla provedena v Německu v roce 1983 u střelného poranění (Schumacher et al. 1983). Krátce poté následovaly další studie taktéž zaměřené převážně na ranivou balistiku u střelných poranění hlavy (Schumacher et al. 1985). Od roku 1998 se v rámci švýcarského projektu Virtopsy začala post mortem výpočetní tomografie diagnosticky prosazovat v širším měřítku (Thali et al. 2007).

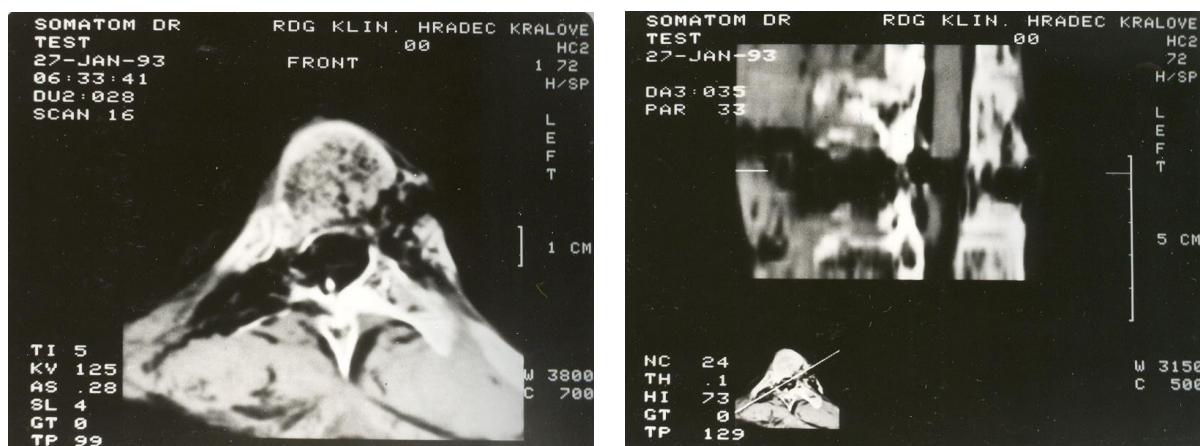
V České republice je post mortem zobrazování pomocí výpočetní tomografie doposud výjimečné a použití této metody se spíše než do běžné diagnostické praxe řadí k vědecko-výzkumným technikám. „Zlatým standardem“ v post mortem zobrazování v soudním lékařství v ČR je rentgenové (RTG) vyšetření. Rentgenové vyšetření je primární, základní a vzhledem k cenové dostupnosti a technické nenáročnosti nejdostupnější zobrazovací metodou, která umožňuje neinvazivně hodnotit důležité nálezy ještě před zahájením pitvy, a to napříč soudnělékařskými pracovišti. Základní (absolutní) indikací pro RTG vyšetření v soudním lékařství je průkaz či vyloučení přítomnosti střely či střel v těle při střelném poranění (Šafr & Hejna 2010a). Zobrazovací vyšetření by se mělo bez výjimky provádět při zástřelu i průstřelu (Šafr & Hejna 2010a; Kučerová et al. 2014). RTG snímkování dále může prokázat přítomnost kovových náhrad či dalších rentgen-kontrastních cizích těles v těle zemřelých (např. tělesa vložená do tělních otvorů, spolykané předměty, zalomené bodnořezné nástroje, střepiny při poranění výbuchem aj.). Pro přesnou lokalizaci projektilu či jiného cizího tělesa je nezbytné snímkování ve dvou projekcích – předozadní a boční. RTG snímek však mimo zobrazení cizích těles poskytuje podstatné informace i o skeletálních úrazových či chorobných změnách nebo plynových kolekcích; zobrazením chirurgicky implantovaných předmětů jej lze využít při identifikačních úkonech, eventuálně umožňuje prvotní revizi těl neznámé totožnosti, zuhelnatělých těl nebo těl v pokročilém stádiu hnilobné dekompozice, vč. jejich základní antropologické charakteristiky. Forenzně významné je vyloučení úrazových změn na skeletu u suspektních případů SIDS (*sudden infant death syndrome*) nebo potvrzení starších a/nebo čerstvých úrazových změn na skeletu u suspektních případů CAN (*child abuse and neglect*) (Kučerová et al. 2014). Poměrně jednoduchou modifikací – snímkováním se současným nástřikem vybraných částí cévního řečiště kontrastní látkou – lze využít RTG vyšetření taktéž v diagnostice dílčích chorobných změn u náhlých úmrtí. RTG zobrazování tak může být cenově a technicky dostupnou alternativou k CT angiografii. K tomuto účelu lze využít skiagrafické zobrazování cév po jejich nástřiku kontrastním roztokem síranu barnatého s formolem, které umožní posouzení individuálních variant cévní anatomie, průkaz uzávěrů a zúžení cévních průsvitů anebo porušení souvislosti cévních stěn



(Neoral 1985, Kolčava et al. 2005, Kučerová et al. 2014). Obdobně lze nástřikem *sinus sagittalis superior* skiagraficky prokázat zdroj subdurálního krevního výronu (Maxeiner 1997, Kučerová et al. 2014), analogicky lze po nástřiku revidovat spodinové cévy mozku nebo revidovat cévy jater. Specifickým RTG přístupem využitelným k identifikačním účelům je snímkování chrupu – v klasické projekci nebo v podobě tzv. ortopantomogramu – umožňující hodnotit zubní věk a prokázat specifické zubní materiály či zubní náhrady (Priyadarshini et al. 2015, Kučerová et al. 2014).

Indikace RTG vyšetření v konkrétních případech náhlého i násilného úmrtí však není absolutní. Použití rentgenu je vždy v kompetenci pitvajícího lékaře, resp. dáno zvyklostmi konkrétního pracoviště a spektrum případů, u kterých by mělo být RTG vyšetření nepodkročitelným minimem v diagnostické praxi, ať už v případě zdravotní či soudní pitvy, není doposud (podzim 2020) regulováno žádnými standardními operačními postupy (tzv. SOP či *guidelines*).

Výpočetní tomografie byla pro potřeby soudního lékařství v České republice poprvé využita mnohem později než RTG přístroj, a to až v roce 1993 soudními lékaři MUDr. Radovanem Havlem a MUDr. Josefem Pleskotem z Ústavu soudního lékařství v Hradci Králové. Viz obr. 1.2 a 1.3. Pracoviště tehdy vlastním CT přístrojem nedisponovalo a za účelem revize střelného poranění trupu u termicky poškozeného těla byl využit CT přístroj Radiologické kliniky FN Hradec Králové určený pro skenování živých pacientů. Jeho prozřetelné použití u morfologicky obtížně hodnotitelného a forenzně závažného případu přineslo benefit ve formě ozřejmění směru střelného kanálu v páteři a tím potvrzení účasti druhé osoby na smrti poškozeného (Hejna et al. 2015). Tento nález byl úspěšně využit jako důkazní prostředek v rámci úkonů trestního řízení proti pachateli.



**Obr. 1.2 a 1.3** Historicky první pmCT skenování v České republice využité pro potřeby soudního lékařství realizované ve Fakultní nemocnici Hradec Králové

V současné době (podzim 2020) jsou na soudnělékařských pracovištích v České republice umístěny dva CT přístroje. První CT přístroj typu typ Siemens Somatom Emotion 6 je k dispozici v Ústavu soudního lékařství Lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Hradci Králové a je v provozu od května 2015. Druhý CT přístroj typu Siemens Somatom Sensation 64 je od listopadu 2015 umístěn v nové budově Vojenského ústavu soudního lékařství Ústřední vojenské nemocnice – Vojenské fakultní nemocnice v Praze. Zbylých 12 soudnělékařských pracovišť v ČR vlastním CT přístrojem nedisponuje, avšak ve zvlášť závažných případech je na některých z nich možné provést post mortem CT vyšetření za využití klinického CT přístroje (např. ÚSL v Plzni, ÚSL v Olomouci, aj.).

### 1.3 PmCT vyšetřování v ÚSL LF UK a FN Hradec Králové

Ústav soudního lékařství v Hradci Králové disponuje vlastním CT přístrojem od května 2015, kdy byl na pracoviště umístěn vyřazený funkční CT přístroj Radiologické kliniky umístěný a sloužící do té doby na Neurochirurgické klinice. Přístroj je umístěn v samostatném skenovacím sále v přímé návaznosti na pitevní sály pracoviště. Jedná se o typ Siemens Somatom Emotion 6 s přesností snímání 6 x 0,5 mm a rotačním časem až 0,6 sekundy; celotělový protokol činí 1536 mm, výkon generátoru je 40 kW. Přístroj obsluhuje rentgenový laborant. Viz obr. 1.4 a 1.5.



**Obr. 1.4 a 1.5** CT přístroj v Ústavu soudního lékařství LF UK a FN Hradec Králové

Spektrum vyšetřovaných případů je na Ústavu soudního lékařství v Hradci Králové stanoveno vnitřními indikačními kritérii, kterými jsou:

- střelná poranění,
- bodnořezná poranění,
- dopravní úrazy,
- pády z výše,
- pracovní úrazy,
- poranění výbuchem,
- těla neznámé totožnosti,
- uhoření,
- strangulace,
- těla vytažená z vody,
- případy úmrtí dětí a mladistvých do 18 let věku,
- podezření na týrání,
- podezření na vzduchovou embolii,
- úmrtí v souvislosti s potápěním.

Indikace případu k CT vyšetření není, podobně jako indikace RTG vyšetření, doposud vymezena žádnými obecně závaznými doporučeními (guidelines). Vyšetření se provádí rutinně u soudních pitev, v ostatních případech, tj. u zdravotních pitev, dle výše stanovených indikačních kritérií, případně dle indikace pitvajícího lékaře. Praktický průběh pmCT vyšetřování ilustrují obr. 1.6 a 1.7.



***Obr. 1.6 a 1.7 Praxe vyšetřování pmCT v Ústavu soudního lékařství LF UK a FN Hradec Králové***

Pro indikaci pmCT vyšetření je tedy nezbytná kategorizace typu úmrtí, tj. zařazení případu do výše vypsanych diagnostických kategorií. Toto zařazení vyplývá ze zprávy prohlížejího lékaře a z informací z místa úmrtí či nálezu těla poskytnuté Policií ČR. Výše zmíněné diagnostické kategorie jsou tudíž před vlastním pmCT vyšetřením, a zejména pak před provedením pitvy (a případně i před provedením doplňkových laboratorních vyšetření), pouze předběžné a nemusí se shodovat s konečnou diagnózou, resp. příčinou smrti. Teprve provedené pmCT vyšetření, pitva a případná doplňková laboratorní vyšetření určí definitivní diagnózu. Potřeba pmCT vyšetření tak může být před pitvou neurčitá a jeho indikace plně závisí na posouzení všech okolností případu a indikační rozvaze lékaře. Negativní korelaci mezi domnělou diagnostickou kategorií a zjištěným nálezem lze demonstrovat následujícím příkladem:

Zemřelý z dopravní nehody je přivezen k pitvě s traumatickou diagnózou určenou na místě jako příčina smrti prohlížejíím lékařem. Před pitvou provedené pmCT vyšetření poukáže na absenci traumatických změn a provedená pitva určí jako příčinu smrti akutní infarkt myokardu. Jedná se tedy o náhlé úmrtí z chorobných příčin (slangově tzv. „smrt za volantem“).

Podobně může potencionální potřeba provedení pmCT vyšetření vyplynout až v průběhu pitvy:

Např. u zemřelého, který je přivezený k pitvě pod obrazem náhlého úmrtí z chorobných příčin, mohou být při pitvě zjištěny závažné traumatické změny (např. zlomenina pánve, subdurální krevní výron aj.), jejichž zobrazení na pmCT vyšetření před pitvou by zrychlilo diagnostiku, ovlivnilo průběh pitvy a potažmo umožnilo rychlejší aktivizaci příslušných vyšetřujících složek (PČR).<sup>2</sup>

V té souvislosti je zcela zásadní, že pmCT vyšetření nelze „dodělat“ po pitvě, resp. jeho výpovědní hodnota po pitvě je minimální až nulová. Indikace je tak zcela závislá na rozvaze pitvajícího lékaře, dostatečném penzu informací z místa nálezu a v neposlední řadě na pečlivě provedené zevní prohlídce těla.

V některých případech lze indikovat pmCT vyšetření v průběhu pitvy, kupř. po provedení zevní prohlídky těla, během které jsou zjištěny úrazové změny (např. krepitace skeletu obličeje), které ještě před otevřením těla a eviscerací vnitřních orgánů signalizují potřebu provedení pmCT vyšetření. Následná pitva po provedeném pmCT vyšetření tak již může být

---

<sup>2</sup> Jedná se o tzv. přerušeni pitvy dle § 88 odst. 7 zákona č. 372/2011 Sb.

cílená na výpočetní tomografií detailně ozřejměná poranění vč. jejich topografických souvislostí.

Vyšetření výpočetní tomografií tak lze hodnotit jako úkon unikátní, přičemž časový prostor pro jeho provedení je poměrně úzký, závislý na rozvaze lékaře, který je k jeho indikaci kompetentní.

Vzhledem k širokým indikačním kritériím, která jsou na ÚSL HK určena vlastními vnitřními standardy pracoviště, je pmCT vyšetření na ÚSL HK prováděno poměrně extenzivně. Počet provedených CT vyšetření u zdravotních (ZP) a soudních (SP) pitev na ÚSL v Hradci Králové od umístění přístroje na pracoviště v květnu 2015 do května 2020 ukazuje tab. 1.

	<b>5-12/2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>1-5/2020</b>
<b>Počet pitev</b>	616	861	851	871	855	358
<b>Celkový počet provedených pmCT vyšetření</b>	26	69	121	103	178	51
<b>PmCT u SP</b>	17	40	67	44	83	24
<b>PmCT u ZP</b>	9	29	54	59	95	27

**Tab. 1** Počet provedených pmCT vyšetření na pracovišti v letech 2015–2020.

Cílem předkládané disertační práce bylo zhodnotit přínos pmCT vyšetření u tří vybraných diagnostických kategorií, a to u utonutí, bodnořezných poranění a střelných poranění (viz dále). Práce si nekladla za cíl zhodnotit všechna pmCT vyšetření, která byla na Ústavu soudního lékařství od instalace CT přístroje až do roku 2020 provedena. Jejich komplexní detailní analýza by neúměrně přesahovala doporučený rozsah disertační práce a zároveň, vzhledem k poměrně vzácné incidenci některých typů úmrtí, by nepodávala dostatečně objektivní hodnocení využitelnosti pmCT u některých nízce frekventovaných diagnostických kategorií.

---

## 2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

---

Cílem disertační práce bylo u tří vybraných diagnostických kategorií – utonutí, bodnořezných poranění a střelných poranění – provést analýzu pmCT obrazů se zaměřením na typické morfologické nálezy hodnocené při klasické pitvě a popisované v odborné literatuře jako diagnostické známky charakteristické pro daný typ úmrtí.

Hlavní cíle lze definovat takto:

1. Sestavit tři časově i místně konsekutivní retrospektivní studijní soubory osob, které zemřely v důsledku utonutí, bodnořezného poranění nebo střelného poranění (v časovém rozmezí let 2015–2020), u nichž bylo před pitvou provedeno pmCT vyšetření v Ústavu soudního lékařství LF UK a FN Hradec Králové.
2. Pro každou ze tří vybraných diagnostických kategorií sestavit soubor diagnostických známek, provést komplexní diagnostické zhodnocení těchto známek na pmCT zobrazení a v případech, kdy je to možné i jejich komparaci s nálezy popsány v pitevních protokolech (charakter a povaha výzkumu byla zaměřena na komparaci pitevních nálezů s radiologickými nálezy, nikoliv na srovnávání pmCT nálezů u různých typů úmrtí mezi sebou a validování objektivitu a relevance hodnocené známky ve vztahu k příčině smrti). Konkrétní hodnocené morfologické známky se v jednotlivých kategoriích podstatně odlišovaly, a proto je jejich bližší výčet s definovanými cíli popsán v jednotlivých kapitolách.
3. Zhodnotit diagnostický přínos a význam pmCT vyšetření u tří výše definovaných kategorií násilných úmrtí (utonutí, bodnořezná poranění a střelná poranění), vč. stanovení konkrétních diagnostických známek přínosných pro forenzní radiologickou diagnostiku.
4. Navrhnout optimální vyšetřovací techniku pmCT u třech výše definovaných diagnostických kategorií, jak pro potřeby dalšího výzkumu, tak i pro rutinní soudnělékařskou diagnostickou praxi.

---

### 3. MATERIÁL A METODIKA

---

Předmětem studia pro potřeby disertační práce byly výstupy z provedeného pmCT vyšetření u zemřelých pitvaných na ÚSL LF UK a FN HK od května 2015 do cca poloviny roku 2020 v rámci zdravotní či soudní pitvy. Vzhledem k heterogenitě případů vyplývajících z široké indikační škály, byly pro potřeby této disertační práce vybrány tři diagnostické kategorie, které byly blíže zkoumány. Před zahájením studie bylo zvažováno, které kategorie případů do práce zahrnout. Obsáhnout v rámci jedné disertační práce kompletní spektrum diagnostických případů, se kterými se soudní lékaři ve své praxi setkávají, a na které bylo dle výše zmíněných indikačních kritérií pracoviště aplikováno pmCT vyšetření, by vzhledem k výrazné odlišnosti konkrétních kategorií úmrtí bylo z hlediska požadovaného rozsahu disertační práce neuskutečnitelné, případně by bylo značně limitováno nemožností detailněji analyzovat jednotlivé CT výstupy a porovnat je s morfologickými nálezy zjištěnými při klasické pitvě. V neposlední řadě je u řady kategorií úmrtí statisticky nedostatečný počet případů, které by mohly být analyzovány z důvodu raritního výskytu některých diagnostických kategorií (kupř. úmrtí při potápění, poranění výbuchem aj.). Naopak, velmi podrobná studie zaměřená na pmCT nálezy pouze u jednoho typu úmrtí by postihovala nepatrné procento jinak velmi heterogenních soudnělékařských případů a nepodávala by tak širší obraz o možnostech a využitelnosti této vyšetřovací metody pro potřeby soudního lékařství.

Do studie byly na základě jejich společenské závažnosti a vysoké frekvence vybrány tři kategorie násilných úmrtí:

- utonutí,
- bodnořezná poranění,
- střelná poranění.

Jednotlivé kategorie byly vybrány jednak na základě jejich forenzního významu, jednak díky frekvenci případů na ÚSL LF UK a FN Hradec Králové a dostatečnému počtu pmCT výstupů z vybraných diagnostických kategorií, které mohly být analyzovány.

Vlastní technickou realizaci pmCT vyšetření prováděl RTG laborant na přístroji Siemens Somatom Emotion 6. Všechna pmCT vyšetření byla realizována před pitvou a doba jednoho vyšetření nepřesáhla obvykle 30 minut. RTG laborant zároveň následně dle požadavků pitvajícího lékaře provedl potřebné rekonstrukce. Základní řezy i vytvořené rekonstrukce byly poté předány pitvajícímu lékaři na CD nosiči, případně byly od roku 2019 k dispozici

v nemocničním systému JIVEX. Analýzu jednotlivých případů zařazených do studie v rámci disertační práce prováděla řešitelka disertační práce samostatně, na základě vyhledání vybraných případů mezi deponovanými CD nosiči či v nemocničním systému JIVEX. Složité či diagnosticky nejasné případy a nálezy byly konzultovány se školitelem, ev. s radiologem. Výsledky byly zaznamenávány do tabulky v Microsoft Excel a dále statisticky zpracovávány. Vzhledem k heterogenitě vybraných diagnostických kategorií je konkrétní metodický postup zpracování pmCT nálezů blíže popsán v jednotlivých kapitolách týkajících se dané diagnostické kategorie.



---

## 4. UTONUTÍ

---

### *Benefity pmCT vyšetření v soudnělékařské diagnostice utonutí a diferenciální diagnostice těl vytažených z vody*

...

*Nevesely, truchlivy  
jsou ty kraje vodní;  
v poloutmě a v polousvětle  
mine tu den po dni.*

*Dvůr Vodníkův prostranný,  
bohatství v něm dosti:  
však bezděky jen se v něm  
zastavují hosti.*

...

*K. J. Erben: Kytice – Vodník*

#### 4.1 Úvod do soudnělékařské diagnostiky utonutí

Utonutí je definováno jako udušení způsobené ponořením těla do tekutiny, a to buď s její aspirací (vlhká, aspirační forma utonutí), nebo bez její aspirace do plic (suchá, reflexní, asfyktická forma utonutí), případně při jejich kombinaci u aspiračně-asfyktické formy utonutí (Hejna & Zátupková 2015, Dvořáček 2013). Ze soudnělékařského hlediska však problematika široce přesahuje výkladový význam slova utonutí<sup>3</sup> a z hlediska diferenciální diagnostiky se do této kategorie řadí všechna „těla vytažená z vody“. Utonutí patří mezi smrt ze zevních (úrazových, násilných) příčin, u kterých je dle zákona provedení zdravotní pitvy povinné.<sup>4</sup> Základním úkolem soudního lékaře je odlišit utopení, utonutí, sekundární utonutí při náhlé poruše zdraví či úrazu a smrt z jiných příčin (chorobných či úrazových) s následným pádem či případně vhozením mrtvého těla do vody (Ublová et al. 2013). Prostředkem a nástrojem soudního lékařství, který slouží k tomuto účelu je pitva (zdravotní nebo soudní).

---

<sup>3</sup> Utonutí = smrt mechanismem udušení (z utonutí) bez přispění druhé osoby; utopení = nástup smrti analogickým mechanismem jako u utonutí, ale významový odstín výrazu předpokládá aktivní účast ze strany druhé osoby (Hejna & Zátupková 2015); termín je však širšího významu, zároveň je obecně používán i pro utonutí. Pro potřeby této dizertační práce je preferován termín utonutí v jeho výše uvedeném významu.

<sup>4</sup> § 88 odst. 3 písm. b) zákona č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování.

Průkaz utonutí se při pitvě opírá o typické morfologické nálezy. Tyto morfologické nálezy jsou však v závislosti na typu a době tonutí vyjádřeny v různé míře a intenzitě, nemusí být přítomny kompletně (tj. některé známky mohou chybět) a ne všechny jsou považovány za vitální známky utonutí. V neposlední řadě mohou být tyto nálezy modifikovány rozvíjejícími se hnilobnými změnami.

Mezi typické pitevní morfologické nálezy u utonutí patří:

- macerace kůže (Tesař 1976),
- husí kůže (Slavík 1912, Tesař 1976),
- vodní rozedma plic – *emphysema aquosum* (Slavík 1912, Tesař 1976),
- Paltaufovy skvrny (též Rasskazovy-Lukomského skvrny) pod poplicnicemi (Paltauf 1888, Nečas 2012),
- Svěšnikova známka – přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnikov 1965, Hottmar 1996, Nečas 2012),
- přítomnost pěny u úst – tzv. pěnový hřib (Slavík 1912, Brinkmann 2003, Shkrum 2006),
- přítomnost zpěněné tekutiny v dutině ústní, nosní a v dýchacích cestách (Zátopková et al. 2015),
- Sehrty trhliny (*rupturae parvulae mucosae curvaturae ventriculi minoris*) ve sliznici žaludku (Sehrt 1932, Sehrt 1933, Nečas 2012),
- Wydlerova známka – sedimentace obsahu žaludku ve tři vrstvy – pevnou složku, tekutinu a pěnu (Wydler 1869, Nečas 2012),
- Sabinského příznak – *splenodystrophia anaemica* (Sabinskij 1865),
- Uenova známka – krvácení do středního ucha a mastoidálního výběžku (Ueno 1966),
- hemodiluce v levostranných srdečních oddílech (Gettlerův test) – průkaz snížených hladin chloridových aniontů, močoviny a kreatininu v krvi z levostranných srdečních oddílů oproti hladinám v krvi z pravostranných srdečních oddílů (Tesař 1976, Hottmar 1996, Hejna & Zátopková et al. 2015),
- hemolytická imbibice kořene aorty (Zátopková et al. 2015),
- přítomnost exogenního materiálu a částic (např. planktonu – rozsivek) ve vnitřních orgánech (vyjma plic) a kostní dřeni (Pollanen 1997, Yukawa 2013),
- krevní výrony ve svalstvu krku, pletenců horních končetin a trupu v důsledku zmítavých pohybů topícího (Püschel et al. 1999),

- obecné známky dušení – akutní překrvení vnitřních orgánů, tekutá tmavá krev ve velkých cévách a vnitřních orgánech, tečkovité krevní výronky pod serózními blanami, akutní dilatace pravé komory srdeční aj. (Hejna & Zátopková 2015),
- descendentní typ hniloby u těl s již rozvíjejícími se autolytickými změnami (Slavík 1912).

Z výše uvedených nálezů jsou za vitální známku utonutí považovány vodní rozedma plic, Paltaufovy skvrny pod poplicnicemi, přítomnost pěny u úst (tzv. pěnový hřib), přítomnost zpěněné tekutiny v dýchacích cestách, Sehrtovy trhliny ve sliznici žaludku, pozitivní Wydlerova známka, pozitivní Gettlerův test, hemolytická imbibice kořene aorty, pozitivní Sabinského příznak, pozitivní Uenova známka, přítomnost exogenního materiálu a částic (zejména rozsivek) ve vnitřních orgánech a kostní dřeni, krevní výrony ve svalstvu krku, pletenců horních končetin a trupu a obecné známky dušení. Zbývající morfologické nálezy (macerace kůže, husí kůže, přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnikova známka) a descendentní typ hniloby u těl s již rozvíjejícími se autolytickými změnami) jsou u těl vytažených z vody nalézány pravidelně, ze soudnělékařského hlediska jsou však hodnoceny pouze jako známky imerze (tj. ponoření a pobytu těla ve vodě).

Některé z uvedených vitálních známek však nejsou specifické pouze pro tonutí a mohou vznikat i při mnoha dalších stavech. Např. sedimentace obsahu žaludku ve tři vrstvy (Wydlerova známka) je obecně závislá na obsahu žaludku před smrtí, malá anemická slezina (Sabinského příznak) bývá typickým nálezem i u celkového prochlazení organismu apod. Zároveň je vznik některých morfologických známek tonutí závislý na konkrétním typu utonutí (např. pro suchou (reflexní) formu utonutí není typický průnik vody do dýchacích cest) a době tonutí. V neposlední řadě mohou být některé nálezy modifikovány resuscitačními pokusy po vytažení těla z vody. Např. již Tesař upozorňuje na podobný pitevní obraz na plicích u utonulých a u zemřelých po proběhlých oživovacích pokusech (Tesař 1976). Případně mohou být typické morfologické známky tonutí překryty rozvíjejícími se hnilobnými změnami u těl nalezených a vytažených z vody až s latencí dnů či týdnů.

Vzhledem k tomu, že jedním z esenciálních úkolů soudního lékařství je vyloučit cizí zavinění na smrti dotčené osoby, je dalším komplikujícím faktorem vznik různých typů poranění během pobytu těla ve vodě. U těl unášených po dobu pobytu ve vodě říčním proudem, mohou být zjištěna různá poranění související s kontaktem těla se dnem či břehem řeky (např. oděrky kůže, tržné rány apod.), která mohou evokovat možné násilí ze strany druhé osoby před vlastním utonutím (např. zbití a následné vhození těla do vody apod.); u těl ve stojaté i tekoucí vodě se dále přidává možnost poškození kožního krytu vodní faunou. Hodnocení

vitality poranění může být v těchto případech značně ztíženo rozvíjejícími se hnilobnými změnami.

Soudnělékařské hodnocení případů utonutí je proto diferenciativně diagnosticky poměrně složité, vyžaduje pečlivý a komplexní přístup a v mnoha případech je prakticky nemožné bez znalosti okolností nálezu těla.

Vzhledem ke komplexnosti problematiky a náročnosti soudnělékařské diferenciativní diagnostiky u těl vytažených z vody se zdá být možnost využití potenciálu nové diagnostické modality, jakou představuje pmCT, slibnou a nápomocnou metodou, která může pomoci soudním lékařům v hodnocení nejasných, složitých či forenzně závažných případů.

Využití pmCT v diagnostice utonutí nebylo doposud v soudnělékařské praxi v komplexním rozsahu studováno a souhrnná komparace všech morfologických známek utonutí zjistitelných při pitvě a na pmCT chybí. V odborné soudnělékařské literatuře lze přesto najít vícečetné práce, které studují dílčí pmCT radiologické nálezy u případů utonutí, resp. těl vytažených z vody. Zabývají se především přítomností tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Kawasumi et al. 2012, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015, Kawasumi et al. 2016) a v dýchacích cestách (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Kawasumi et al. 2012, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015), průkazem Wydlerovy známky (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Van Hoyweghen et al. 2015, Gotsmy et al. 2019), morfologickým nálezem v plicní tkáni charakteru disperzně či mozaikovitě rozptýlených ložisek vzhledu mléčného skla, tzv. *ground glass opacities* či *ground glass patterns* (Kim et al. 2000, Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015) a hemodilucí v levostranných srdečních oddílech (Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Ambrosetti et al. 2013, Filograna et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015).

Obraz vodní rozedmy vztažený k výši postavení bránice popisují opakovaně Christe a kol. a Van Hoyweghen (Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Van Hoyweghen et al. 2015). Výjimečně byla v publikovaných pracích hodnocena pozitivita Uenovy známky a přítomnost tekutiny v pohrudničních dutinách (Levy et al. 2007). Hourscht a kol. se zabývali komparací nálezů na plicích na klinickém CT u pacientů přežívajících po tonutí ve srovnání k nálezům na plicích na pmCT u utonulých (Hourscht et al. 2019). Postihnout odlišný obraz na pmCT ve vedlejších nosních dutinách při tonutí ve sladké a slané vodě prezentovali Kawasumi a kol. (Kawasumi et al. 2016). Výjimečně lze zachytit práce zabývající se i jinými orgánovými

změnami u případů utonutí, kupř. nálezy na slezině (Haffner et al. 1994, Hadley & Fowler 2003). Souhrnnou analýzu ve formě přehledového článku dílčích diagnostických známek zjištěných výpočetní tomografií u utonutí předložili v r. 2014 Raux a kol. (Raux et al. 2014).

## 4.2 Cíle

Cílem disertační práce bylo **zachytit a vyhodnotit typické morfologické nálezy**, které jsou zjišťovány při pitvě u případů utonutí na ekvivalentním zobrazení pomocí pmCT a následně **posoudit výtěžnost pmCT v soudnělékařské diagnostice utonutí komparací nálezů zjištěných pitvou a výpočetní tomografií**.

Cílem bylo dále **vymezení konkrétního spektra pmCT nálezů**, které jsou objektivně přínosné v soudnělékařské diagnostice utonutí, resp. diferenciální diagnostice těl vytažených z vody vč. stanovení optimálního postupu vyšetřování výpočetní tomografií u případů utonutí. Cílem práce přitom nebylo hodnotit vitalitu morfologických známek utonutí (zjištěných při klasické pitvě či při pmCT vyšetření) s vědomím toho, že některé z obecně přijímaných a běžně hodnocených soudnělékařských nálezů u utonutí mohou být považovány za nevitální, resp. za pouhé známky imerze (ponoření) těla, nikoli tonutí.

## 4.3 Materiál a metodika

Do studie bylo zařazeno celkem 27 případů těl vytažených z vody, která byla pitvána v Ústavu soudního lékařství v Hradci Králové v časovém období let 2015–2020. Ve všech případech se jednalo o utonutí ve sladké vodě. Podmínkou zařazení do studie bylo provedení pmCT vyšetření před klasickou pitvou. Těla byla skenována v poloze na zádech, v oděvu, ve kterém byla přivezena k pitvě, zabalena do igelitového vaku. U těl bylo provedeno skenování hlavy, trupu, horních končetin a horní části dolních končetin. Těla poté již nebyla otáčena o 180° a nebylo prováděno skenování zbývajících částí dolních končetin. Nálezy byly ihned po provedeném pmCT vyšetření (tj. před pitvou) demonstrovány radiologickým asistentem pitvajícím lékaři. Detailní popis pmCT nálezů do pitevního protokolu provedl pitvající lékař až po skončení pitvy. Pro potřeby studie byla všechna primární data znova vyhledána a nálezy opětovně odečítány. Způsob hodnocení typických morfologických nálezů (známek utonutí) na pmCT snímcích ukazuje tab. 2.

MORFOLOGICKÁ ZNÁMKA UTONUTÍ	HODNOCENÍ ZNÁMKY NA pmCT
macerace kůže (zejména dlaní a plosek nohou)	nebyla hodnocena
husí kůže	nebyla hodnocena
vodní rozedma plic	<p>Hodnoceno:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ložiska vzhledu mléčného skla v plicní tkáni (tzv. <i>ground glass patterns</i> či <i>opacities</i>), vč. měření průměrné denzity vzdušných a nevzdušných oblastí plic</li> <li>2. přítomnost tekutiny v pohrudničních dutinách</li> <li>3. výška postavení bránice vzhledem k mezižeberním prostorám (známka balónovitého rozepjetí plic)</li> <li>4. kompletní překrytí perikardu plicními křídly (známka balónovitého rozepjetí plic)</li> </ol>
Paltaufovy skvrny pod poplicnicemi	nebyly hodnoceny
přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnikova známka)	hodnocena v maxilárních dutinách, ethmoidální, sfenoidální a frontální dutině jako hladina náplně v dutině vč. průměrné denzity a odhadu objemu (procento zaplnění dutiny v její střední části)
přítomnost pěny u úst (tzv. pěnový hřib)	hodnocena přítomnost vč. měření denzity
přítomnost tekutiny v dutině ústní, nosní a v dýchacích cestách	hodnocena přítomnost obsahu v dutině ústní, nosní, v hrtanu a v průdušnici vč. měření denzity
Sehrtovy trhliny ve sliznici žaludku	nebyly hodnoceny
Wydlerova známka (třífázová sedimentace žaludečního obsahu)	hodnoceno vizuální oddělení vrstev žaludečního obsahu vč. měření denzity každé vrstvy
Sabinského příznak	měřeny dva rozměry sleziny (na středním řezu) vč. měření denzity
Uenova známka	hodnocena přítomnost tekutého obsahu

	ve středouší a ve sklípkách mastoidů vč. měření denzity
hemodiluce v levostranných srdečních oddílech	hodnocena porovnáním průměrné denzity obsahu pravé a levé síně a denzity obsahu aorty ve třech etážích a kmene plicnice
hemolytická imbibice kořene aorty	nebyla hodnocena
přítomnost exogenního materiálu (rozsivek) ve vnitřních orgánech či kostní dřeni v komparaci s biotopem	hodnocen záchyt cizího materiálu
krevní výrony ve svalstvu krku, pletenců horních končetin a trupu	nebyly hodnoceny
obecné známky dušení	nebyly hodnoceny
descendentní typ hniloby	hodnoceno jako známky hniloby vč. anatomické predispozice

**Tab. 2** Morfologické známky u utonutí a způsob jejich hodnocení na pmCT

Mimo výše uvedené morfologické známky bylo dále hodnoceno:

- otok mozku,
- prosáknutí stěny žlučníku,
- náplň dvanáctníku, ostatních částí tenkého střeva, tlustého střeva a konečníku,
- náplň močového měchýře.

Nezhodnocení některých výše uvedených morfologických známek utonutí nalézáných při klasické pitvě na výstupech z výpočetní tomografie vyplývá z limitací pmCT, které není v aktuálně dosažitelné kvalitě obrazových výstupů dostatečně citlivé k zobrazení některých diskrétních nálezů na měkkých tkáních. Jedná se konkrétně o zobrazení macerace kůže, husí kůže, Paltaufových skvrn pod poplicnicemi, Sehrtových trhlín ve sliznici žaludku, krevních výronů ve svalstvu krku, pletenců horních končetin a trupu a tečkovitých krevních výronků pod serózními blanami. Jiné nálezy lze vzhledem k jejich charakteru (např. hodnotí-li se změna barevné kvality či změna konzistence) ozřejmit pouze přímou aspekci. Jedná se např. o hemolytickou imbibici kořene aorty či tekutost krve ve velkých cévách a vnitřních orgánech, které nejsou pomocí pmCT zobrazitelné. V neposlední řadě je nutno upozornit, že některé v odborné literatuře uváděné známky utonutí nejsou konkrétně na našem pracovišti

standardně hodnoceny, což je dáno především technicky náročným laboratorním postupem, který není tč. standardní laboratorní metodou pracoviště. Jedná se v tomto případě o průkaz přítomnosti rozsivek ve vnitřních orgánech a kostní dřeni. PmCT nálezy tak nebylo možné v těchto případech porovnat s nálezy zjištěnými klasickou pitvou, resp. doplňkovými laboratorními vyšetřeními.

Výše popsané morfologické známky utonutí na pmCT byly povětšinou odečítány na transverzálních řezech hlavou a trupem, některé na základním topogramu trupu (výše postavení bránice). Některé známky utonutí bylo možné odečíst na sagitálních řezech hlavou a trupem, a to v případech, kdy byl obraz na transverzálních řezech nejednoznačný či nečitelný. 3D rekonstrukce nebyly k hodnocení nálezů prakticky využity. Denzita vybraných oblastí byla hodnocena jako rozsah denzit ve vybrané oblasti (v tzv. ROI – *region of interest*). Ve starším radiologickém programu PACS se jednalo o rozptyl denzit v lineární oblasti, v novějším radiologickém programu JIVEX (od r. 2019) jako rozptyl denzit v kruhové oblasti. Denzita byla vždy měřena v daném orgánu ve stejné anatomické lokalizaci, nejčastěji na středním řezu daným orgánem, se snahou o postižení maxima dané oblasti bez přesahu do okolních struktur. V případě měření denzit u dutin naplněných tekutinou byla denzita měřena v místě největší náplně, resp. nejvyšší hladiny (např. ve vedlejší nosní dutině či průdušnici) na transverzálním řezu v poloze těla na zádech. Bližší popis způsobu odečítání konkrétní známky je v některých případech uveden ve výsledkové části studie.

Ve čtyřech případech nebyly po provedeném pmCT archivovány základní transverzální řezy trupem a nebyly zhotoveny standardní rekonstrukce, proto není část dat u těchto případů dostupná. Jedná se o nejstarší případy z r. 2016. Následně bylo technické provedení a zálohování dat u případů utonutí na pracovišti standardizováno a u případů od r. 2017 jsou již dostupná veškerá, pro potřeby této disertační práce nezbytná, data.

#### **4.4 Výsledky**

Do studie bylo zařazeno celkem 27 případů těl vytažených z vody, 11 žen a 16 mužů. Věkový průměr zemřelých byl 48,1 let, nejmladšímu bylo 12 let, nejstaršímu 79 let.

Ve 22 případech byla pitvou stanovena bezprostřední příčina smrti utonutí (vlhká forma). Ve 3 případech se jednalo o stav po tonutí s krátkodobým přežíváním ve zdravotnickém zařízení a jako příčina smrti byl stanoven otok mozku. V jednom případě bylo bezprostřední příčinou smrti stanoveno zhmoždění mozku, jednalo se o pád motocyklisty do potoka. Ve zbývajícím jednom případě nebyla bezprostřední příčina smrti určena pro pokročilé



hnilobné změny. Ve 3 případech bylo úmrtí ze strany PČR vyšetřováno jako sebevražda, v 19 případech jako nehoda a ve zbývajících 5 případech nebylo o povaze skutku rozhodnuto. Ve 23 případech se jednalo o nález těla v exteriéru v přírodní sladké vodě (rybník, jezero, řeka, potok), v jednom případě v exteriéru v menší betonové jímce a ve zbývajících 3 případech se jednalo o utonutí v interiéru doma ve vaně.

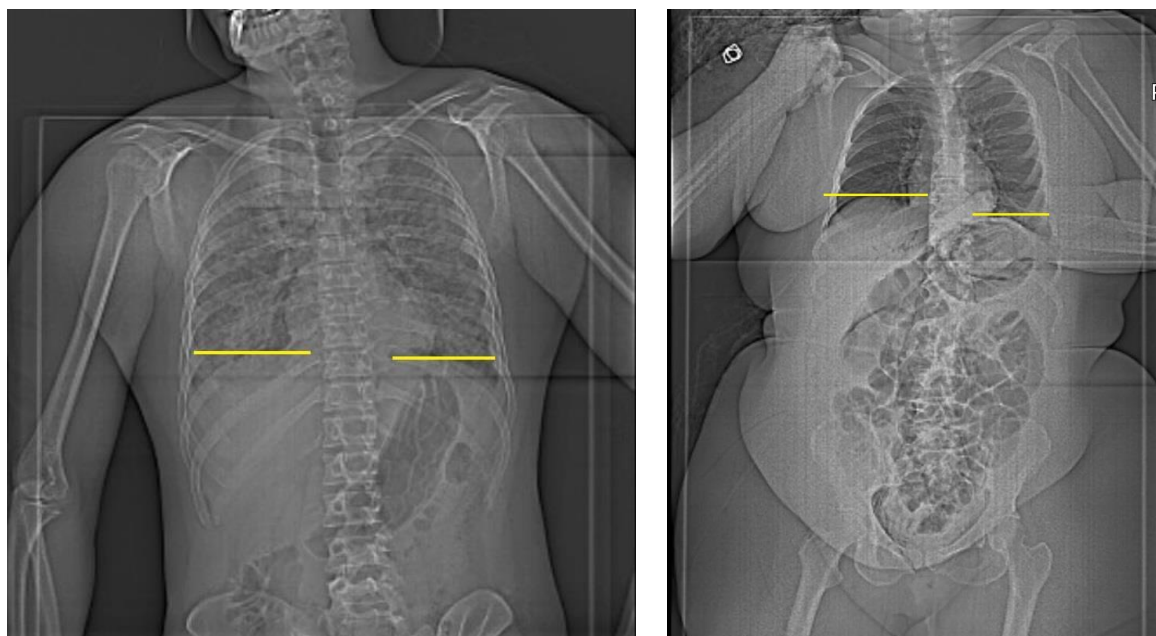
Ve 4 případech byla těla přivezena již v pokročilém stupni hnilobného rozkladu, ve zbývajících 23 případech se jednalo o těla bez rozvinutých pozdních posmrtných změn.

#### Výsledky morfologických známek utonutí hodnocených na pmCT a při pitvě u utonutí:

##### VODNÍ ROZEDMA PLIC

###### *1. výška postavení bránice vzhledem k mezižebřím*

Z 24 případů, u kterých bylo možné postavení bránice odečíst se ve 22 případech (91,7 %) jednalo o její velmi nízké postavení, a to v rozmezí mezi 6.–9. mezižebřím. V jednom případě se jednalo o postavení bránice mezi 5.–6. mezižebřím a v jednom případě mezi 4.–5. mezižebřím.<sup>5</sup> Viz obr. č. 4.1 a 4.2. Nejvyšší postavení bránice bylo zjištěno u těla v pokročilém stupni hnilobného rozkladu. Celkem ve 3 případech nebylo možné výšku postavení bránice odečíst pro chybění základního topogramu trupu. V pitevních protokolech nebyl tento nález při klasicky prováděné pitvě u vybraných případů hodnocen.

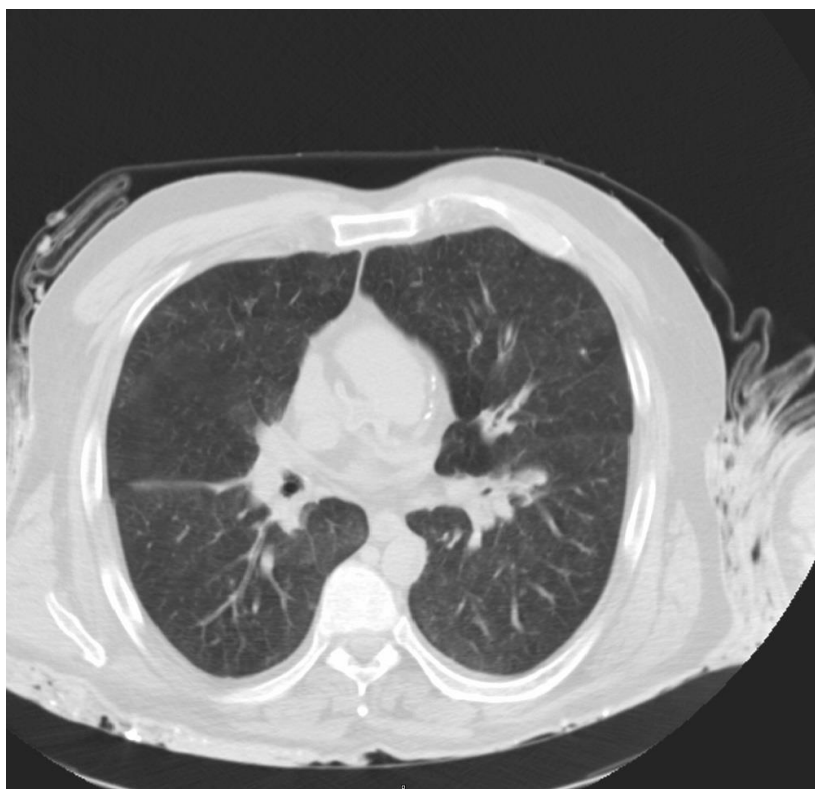


**Obr. 4.1 a 4.2** *Způsob odečítání výšky postavení bránice na základním topogramu trupu*

<sup>5</sup> Nález byl vzhledem k často rozdílné výši postavení bránice vpravo a vlevo zaznamenáván jako rozsah.

## 2. *kompletní překrytí perikardu plicními křídly (alespoň v jedné výši)*

Tento nález bylo možné hodnotit ve 25 případech, ve 2 případech chyběly transverzální řezy trupem. V 18 případech (72,0 %) z 25 bylo nalezeno kompletní překrytí perikardu plicními křídly (obraz tzv. *kissing lungs*). Viz obr. 4.3. V 5 případech (20,0 %) byl nález negativní, resp. překrytí perikardu nebylo kompletní, ve 2 případech (8,0 %) nebylo možné nález hodnotit pro pokročilé hnilobné změny s kolapsem obou plicních křídel v pohrudničních dutinách. V pitevních protokolech nebyl tento nález při klasicky prováděné pitvě u vybraných případů standardně hodnocen.



**Obr. 4.3** *Kompletní překrytí perikardu plicními křídly (tzv. kissing lungs)*

## 3. *obraz mléčného skla a známky konsolidace plicní tkáně (tzv. ground glass patterns)*

Tento nález bylo možné hodnotit v 19 případech. Ve všech 19 případech (100,0 %) bylo možné rozlišit na transverzálních řezech hrudníkem v plicní tkáni střídající se oblasti vzhledu mléčného skla a oblasti konsolidace plicní tkáně. Ve 4 případech nebylo možné tuto známku hodnotit z důvodu chybění transverzálních řezů trupem, ve 4 případech z důvodu pokročilých hnilobných změn. Denzita konsolidovaných oblastí se u hodnocených případů pohybovala v rozmezí -73 HU až -774 HU, denzita rozedmových oblastí v rozmezí -984 až -216 HU. *Ground glass patterns* je čistě radiologický popisný nespecifický nález, který nemá adekvátní srovnatelný morfologický obraz při pitvě. Viz obr. 4.4.

#### *4. přítomnost tekutiny v pohrudničních dutinách*

Volná tekutina v pohrudničních dutinách byla na pmCT zjištěna ve 14 (60,9 %) z 23 hodnocených případů. Ve 13 případech byla nalezena oboustranně, v jednom případě pouze jednostranně. V 9 případech (39,1 %) nebyla přítomnost volné tekutiny v pohrudničních dutinách zjištěna. Ve 4 případech nebylo možné známku hodnotit z důvodu chybění transversálních řezů trupem. Volná tekutina se ve všech případech nalézala v pohrudničních dutinách pouze v minimálním množství, ve formě lemu tekutiny na spodině pohrudniční dutiny (u těl v poloze na zádech). Densita volné tekutiny v pohrudničních dutinách se pohybovala v krajních hodnotách v rozmezí -121 HU až +81 HU (viz obr. 4.4). Volná tekutina v pohrudniční dutině byla při pitvě popsána pouze ve 2 (7,4 %) z 27 studovaných případů. Je však třeba upozornit, že při otevírání dutin v průběhu pitvy je volná tekutina v pohrudniční dutině detekována obvykle v případě přítomnosti významně velkého objemu volné tekutiny, který je rozpoznán jako viditelná hladina tekutiny v pohrudniční dutině. V případě přítomnosti pouze povlaku volné tekutiny (odhadem do 50 ml) v pohrudniční dutině, nebývá zpravidla toto množství v pitevním protokolu explicitně zmíněno. Ani v jednom případě nedošlo k současnému výskytu (překrytí) pozitivního nálezu na pmCT a při pitvě.



**Obr. 4.4** *Ground glass patterns (opacities) v plicní tkáni a přítomnost volné tekutiny v pohrudničních dutinách*

Morfologický pitevní obraz plicní tkáně nazývaný termínem vodní rozedma plic je tvořen komplexem nálezů, mezi které se řadí: balónovité (někdy též popisováno jako homolovité) vzedmutí plicních křídel, se zaoblením jejich okrajů, pohmatové třáskání plicní tkáně, vytlačitelný důlek na povrchu plic bez jeho spontánního vymizení, suchá plicní tkáň na řezu, ze které však při zatlačení vystupuje větší množství zpěněné tekutiny (Tesař 1976). U všech do studie zařazených případů, vyjma 4 těl v pokročilém stupni hnilobného rozkladu, byl v pitevním protokolu popsán obraz vodní rozedmy. Na pmCT bylo částečně možné vizualizovat homolovité vzedmutí plicních křídel, a to na rekonstrukcích zaměřených na přítomnost vzduchu (plynu) ve tkáních. Viz obr. 4.5.

Současný výskyt (překrytí) pozitivního nálezu vodní rozedmy plic na pmCT a při pitvě bylo zjištěno u 20 případů (74,1 %) z 27 hodnocených, přičemž radiologická pozitivita vodní rozedmy plic byla na pmCT stanovena jako přítomnost alespoň tří radiologických znaků ze čtyř výše uvedených (viz tab. č. 2).

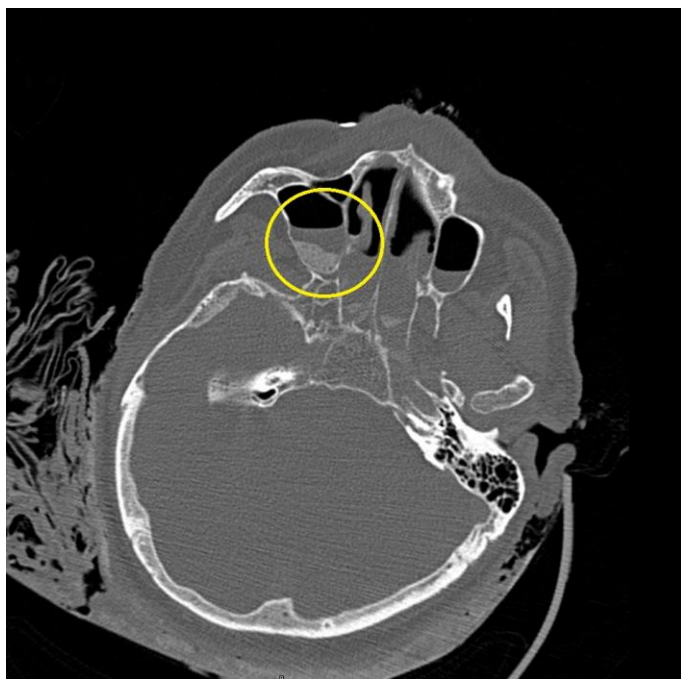


**Obr. 4.5** Balónovité (homolovité) vzedmutí plicních křídel na rekonstrukci cílené na vizualizaci vzduchu (plynu) ve tkáních

#### SVĚŠNIKOVA ZNÁMKA

Přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách byla na pmCT zjištěna ve 26 případech (96,3 %), tj. ve všech případech, které bylo možné odečíst. V jednom případě nebylo možné nález hodnotit z důvodu chybění základních transversálních řezů hlavy. Ve 13 případech

z 26 pozitivních (50,0 %) byla zjištěna volná tekutina ve všech vedlejších nosních dutinách (v maxilárních, ethmoidálních, sfenoidálních a frontálních dutině), ve 20 případech (76,9 %) byla volná tekutina zjištěna alespoň ve 3 vedlejších dutinách. Nejčastěji byla zjištěna přítomnost tekutiny v dutinách horní čelisti (26 případů), nejméně často byla zjištěna přítomnost volné tekutiny v dutině čelní kosti, kde nebyla přítomna v 10 případech. Z hlediska objemu přítomné tekutiny byl nález nejvýznamnější v maxilární dutině, tato dutina byla ve většině případů naplněna tekutinou více jak z jedné poloviny. Densita tekutiny ve vedlejších nosních dutinách byla měřena ve všech dutinách, ve kterých byla přítomna. V maxilární dutině se densita tekutiny pohybovala v krajních hodnotách v rozmezí -147 až +203 HU. V jednom z případů byla opticky zřejmá sedimentace obsahu vedlejších nosních dutin ve dvě vrstvy. Viz obr. 4.6. V maxilární dutině byla v tomto konkrétním případě průměrná densita denzní sedimentované (níže uložené) vrstvy +312 HU, výše uložené méně denzní vrstvy +22 HU, v dutině klínové kosti +339 HU a +38 HU. Jednalo se o případ aspirace bahna a bahnitě tekutiny v průběhu tonutí. V pitevním protokolu utonutí byl záznam o revizi vedlejších nosních dutin přítomen ve 25 z celkem 27 vybraných případů. Obvyklým pitevním postupem zaužívaným na našem pracovišti je revize vedlejší nosní dutiny přes strop *os sphenoidale*, ev. *os maxillare* (oboustranně), a to z přístupu přes spodinu lební po vyjmutí mozku a sejmutí tvrdé pleny. Dutina čichové a čelní kosti nebývá standardně při pitvě otvírána. Pozitivní Svěšnikova známka byla při pitvě zaznamenána ve 23 případech. Současný výskyt (překrytí) pozitivního nálezu na pmCT a při pitvě byl zjištěn u 22 případů (81,5 %) z 27 hodnocených.



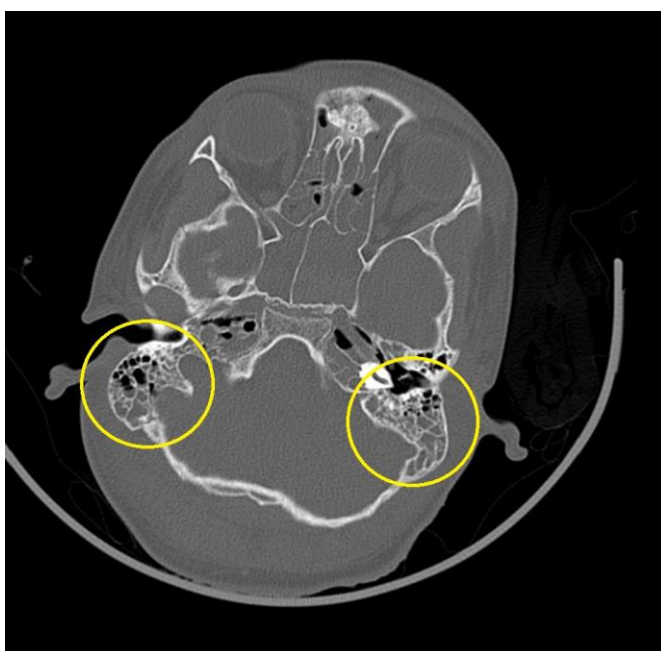
**Obr. 4.6** Přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách – zde v dutině horní čelisti oboustranně. V pravé dutině patrna sedimentace obsahu ve dvě vrstvy

## PŘÍTOMNOST PĚNY U ÚST

Přítomnost pěnového hříbu nebyla na pmCT zachycena na žádném z hodnocených případů. Při pitvě byla přítomnost pěny u úst ve formě pěnového hříbu popsána v jediném případě. Je však třeba podotknout, že tato známka bývá patrná především při prohlídce těla na místě. Při následném transportu těla často dochází k jejímu vymizení (ev. poničení).

## UENOVA ZNÁMKA

Akutní zakrvácení do středního ucha a mastoidálního výběžku bylo na pmCT hodnoceno jako přítomnost tekutiny ve středouší a v dutinách mastoidů. Přítomnost tekutiny ve středouší byla zjištěna na pmCT pouze v jediném případě a pouze unilaterálně. Průměrná denzita zachycené tekutiny byla -37 HU. Ve všech ostatních případech bylo středouší vzdušné. Přítomnost tekutiny v dutinách mastoidů bylo možné na pmCT hodnotit ve 25 případech, ve 2 případech nebyly dostupné transversální ani sagitální řezy danou anatomickou oblastí. Pozitivní Uenova známka byla jednoznačně nalezena na pmCT v 5 případech (20,0 %) z 25 hodnocených, přičemž v jednom z případů se jednalo o tělo v pokročilém stupni hnilobného rozkladu. V dalších 6 případech (24,0 %) byl nález velmi diskrétní, pouze ve formě povlaku tekutiny v dutinách mastoidů či sklípcech pyramidy spánkové kosti. Ve 14 případech (56,0 %) byl nález jednoznačně negativní. Charakter tekutiny nebylo možné na radiologickém zobrazení blíže určit. V pitevním protokolu byl záznam o morfologickém nálezu v oblasti pyramidy spánkové kosti zaznamenán v 19 případech z 27 (70,4 %), v 8 případech nebyl tento nález při pitvě zhodnocen. Z 19 případů byla Uenova známka pozitivní v 11 případech (57,9 %),



**Obr. 4.7** Pozitivní Uenova známka  
(přítomnost tekutiny v dutinách  
mastoidů)



z toho v 8 případech oboustranně, ve 3 případech jednostranně. Negativní nález byl popsán v 8 případech (41,1 %). Současný výskyt (překrytí) pozitivního nálezu na pmCT a při pitvě bylo zjištěno u 5 případů (18,5 %) z 27 hodnocených.

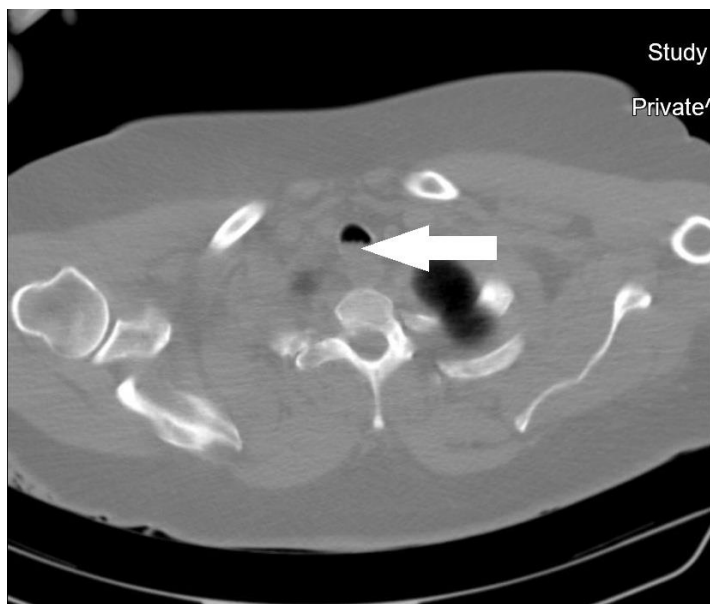
#### PŘÍTOMNOST TEKUTINY V DUTINĚ NOSNÍ A ÚSTNÍ

Přítomnost tekutiny v dutině nosní, a to ve formě kompletního vyplnění či jako hladina tekutiny, byla na pmCT hodnocena ve 26 případech, v jednom případě nebyly pořízeny adekvátní řezy dutinou nosní. Pozitivita byla zjištěna v 18 (69,2 %) z 26 hodnocených případů, v 8 případech byla dutina nosní prázdná (vzdušná). Denzita tekutiny v dutině nosní se pohybovala v krajních hodnotách v rozmezí -167 HU až +372 HU, přičemž v jednom případě byla opticky zřejmá sedimentace obsahu dutiny nosní ve dvě vrstvy o průměrné denzitě +20 HU, resp. +213 HU. Jednalo se o stejný případ, u kterého byla výše popsána sedimentace obsahu ve vedlejších nosních dutinách (viz obr. 4.6). V pitevních protokolech byl pouze v jednom případě zaznamenán popis obsahu dutiny nosní, a to jako přítomnost bahnité tekutiny. Nejedná se přitom o případ popsáný výše, kde byl na pmCT zřejmý obraz sedimentace obsahu dutiny nosní a vedlejších nosních dutin. V ostatních případech se popis v pitevním protokolu omezuje na nález kolem nosních dírek (výtok tekutiny) a vlastní obsah v dutině nosní již není blíže revidován.

Přítomnost tekutiny v dutině ústní byla na pmCT hodnocena ve 25 případech, ve dvou případech nebyly pořízeny adekvátní řezy dutinou ústní. V dutině ústní byla zjištěna hladina tekutiny na pmCT pouze ve 2 (8,0 %) z 25 hodnocených případů, v ostatních 23 případech nebyla tekutina v dutině ústní přítomna. Denzita tekutiny v dutině ústní se pohybovala v krajních hodnotách v rozmezí -36 HU až +113 HU a dosahovala v jednom případě průměrné hodnoty +3 HU, ve druhém případě průměrné hodnoty +87 HU. V pitevních protokolech byla zaznamenána přítomnost tekutiny v dutině ústní ve 14 z 27 hodnocených případů, přičemž ve většině případů se jednalo pouze o povlak tekutiny či přítomnost pěny než o zřejmou hladinu tekutiny. Ve třech případech byla dále popsána přítomnost pevných přírodních materiálů v dutině ústní (bahno, drobné kameny, jehličí), v jednom případě žaludečního obsahu (zvratky) a v jednom případě tekuté krve. Současný výskyt (překrytí) pozitivního nálezu na pmCT a při pitvě byl zjištěn u 2 případů (7,4 %) z 27 hodnocených.

#### PŘÍTOMNOST TEKUTINY V HRTANU A PRŮDUŠNICI

Přítomnost tekutiny v hrtanu a/nebo průdušnici byla posuzována ve 24 případech, ve zbylých 3 případech nebyly dostupné základní řezy krkem a trupem, které by umožnily nález zhodnotit. Přítomnost tekutiny v hrtanu a/nebo průdušnici byla zjištěna ve 14 (58,3 %) z 24 hodnocených případů. V 9 případech byl hrtan i průdušnice volné (vzdušné), v jednom případě (u těla s pokročilými hnilobnými změnami) byla zjištěna komprese a zúžení průsvitu hrtanu, ale zároveň volný vzdušný průsvit průdušnice. Přítomná tekutina byla nejčastěji zachycena jako aborálně postupně narůstající hladina tekutiny, která v oblasti bifurkace průdušnice již povětšinou kompletně vyplňovala její průsvit. Densita přítomné tekutiny se pohybovala v krajních hodnotách v rozmezí -168 HU až +162 HU. V pitvěním protokolu byla volná tekutina, či zpěněná tekutina popsána v 16 případech (59,3 %) z 27 hodnocených, v dalším jednom případě bylo přítomno vdechnuté bahno, v jednom případě vdechnutý žaludeční obsah. V 9 případech byly hrtan a průdušnice prázdné. Současný výskyt (překrytí) pozitivního nálezu, tj. přítomnost tekutiny na pmCT i při pitvě byl zjištěn u 11 případů (40,7 %) z 27 hodnocených.



**Obr. 4.8** Přítomnost hladiny tekutiny v průdušnici

#### HEMODILUCE V LEVOSTRANNÝCH SRDEČNÍCH ODDÍLECH

Hemodiluce v levostranných srdečních oddílech byla hodnocena jako rozdíl denzit (pozitivní difference) v pravostranných a levostranných srdečních oddílech (měřeno ve střední části průřezu pravé, resp. levé síně) a jako rozdíl denzit v aortě (ve vzestupné, ve vrcholu oblouku, v sestupné) a kmene plicnice. Zároveň byla zhodnocena náplň kmene plicnice a aorty (kompletní či nekompletní, případně se známkami sedimentace).



Denzitu náplně srdečních oddílů bylo možné měřit u 20 případů. Ve 4 případech (u všech těl v pokročilém stupni hnilobného rozkladu) nebylo možné denzitu měřit z důvodu kompletního vyplnění srdečních oddílů hnilobným plynem. Ve 3 případech nebyly dostupné základní transverzální řezy trupem ve výši srdce. Denzita náplně pravé síně se pohybovala v průměrném rozmezí +4,2 HU až +104,6 HU, denzita náplně levé síně v průměrném rozmezí -3,95 až +99,6 HU. Průměr denzit vpravo byl +54,4 HU, vlevo +47,3 HU.

Náplň velkých cév bylo možné hodnotit ve 23 případech, v ostatních případech nebyla daná oblast na pmCT zachycena. Ve 21 případech byla náplň aorty kompletní, ve dvou případech byl částečně či kompletně přítomen hnilobný plyn. Ve 4 případech bylo možné v aortě rozlišit známky sedimentace. V případě kmene plicnice bylo možné hodnotit jeho náplň ve 21 případech, ve dvou případech byl obraz nepřehledný pro hnilobné změny. V 18 případech byla náplň kmene plicnice kompletní, ve dvou případech byl kompletně přítomen hnilobný plyn, v 1 případě bylo možné v plicnici rozlišit známky sedimentace. Denzita náplně aorty byla měřena ve vzestupné aortě (průměrně +49,2 HU), oblouku aorty (průměrně +57,1 HU) a v sestupné aortě (průměrně +63,9 HU). Výsledky ukázaly významně vyšší denzitu náplně sestupné aorty odpovídající sedimentaci erytrocytů do nejnižších poloh. Průměrná denzita kmene plicnice byla +52,8 HU, což je vyšší hodnota než průměrná denzita naměřená ve vzestupné aortě.

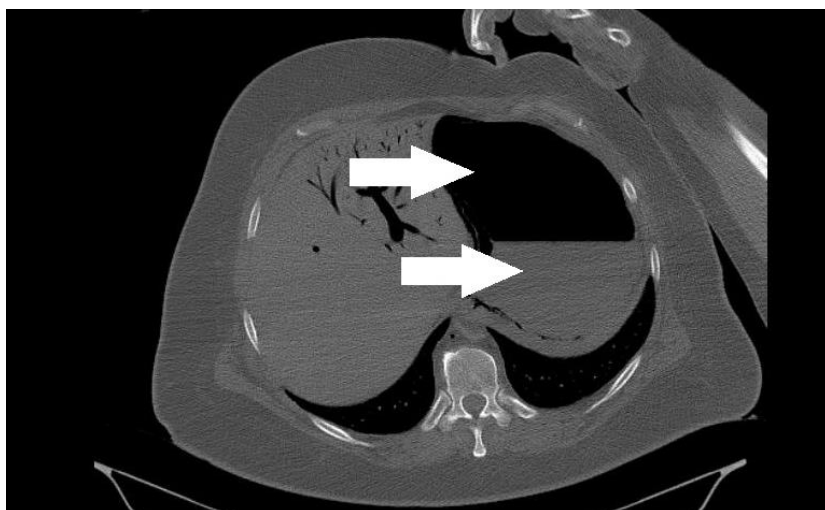
Při pitvě je hemodiluce v levostranných oddílech detekována laboratorním (původně tzv. Gettlerovým) testem a dále morfologicky jako výraznější imbibice výstelky kořene aorty, cípů chlopně srdečnice a endokardu levé komory oproti nálezu na chlopni plicnice, výstelce kmene plicnice a endokardu pravé komory. Laboratorní test na utonutí (odběr krve z pravostranných a levostranných srdečních oddílů a stanovení hladiny močoviny, kreatininu a chloridových aniontů v obou vzorcích s jejich následným porovnáním) byl proveden ve 24 případech. V 7 případech byly všechny tři stanovované látky v levostranných srdečních oddílech v nižší koncentraci než v pravostranných srdečních oddílech. Z těchto sedmi případů byla současná pozitivita hemodiluce i na pmCT (tj. průměrná nižší denzita náplně levé síně oproti síni pravé) zjištěna ve 4 případech. V 9 případech byly laboratorním testem prokázány v nižší koncentraci pouze dvě ze stanovovaných substancí. Z těchto devíti případů byla pozitivita hemodiluce na pmCT zjištěna v 6 případech. V 5 případech byla laboratorním testem prokázána v levostranných srdečních oddílech nižší koncentrace pouze jedné ze stanovovaných látek. Z těchto pěti případů byla pozitivní hemodiluce na pmCT ve 2 případech. Ve 3 případech byly paradoxně v levostranných srdečních oddílech hodnoty

všech laboratorně stanovovaných látek vyšší než v pravostranných srdečních oddílech, avšak v jednom z těchto případů byla zaznamenána průměrná nižší denzita náplně levé síně na pmCT. Hemolytická imbibice výstelky kořene aorty byla v pitevních protokolech popsána ve 13 případech (48,1 %) z 27 hodnocených, v ostatních případech nebyl nález pitvajícím lékařem revidován a zaznamenán v pitevním protokolu.

Vzhledem k chybění části údajů bylo možné hodnotit současný průkaz hemodiluce laboratorním testem a nálezem na pmCT pouze u 20 případů. Z těchto 20 případů byla hemodiluce současně oběma metodami prokázána ve 12 případech (60,0 %).

### WYDLEROVA ZNÁMKA

Wydlerova známka byla na pmCT hodnocena ve 23 případech, ve zbylých 4 případech nebyly dostupné základní transversální řezy trupem ve výši žaludku. Z hodnocených případů nebylo možné nález jednoznačně odečíst ve 2 případech z důvodu pokročilých hnilobných změn s výrazným prostoupením orgánů a tkání dutiny břišní hnilobnými plyny. Ve zbylých 21 případech byla Wydlerova známka pozitivní v 7 případech, tj. v obsahu žaludku byly rozlišeny 3 oddělené či částečně oddělené zóny, tvořené vzduchem, pěnou a obsahem (tekutinou). Ve 13 případech byly patrné 2 poměrně ostře oddělené zóny tvořené plynem a obsahem (tekutinou) a v jednom případě byl žaludek kompletně vyplněn obsahem (tekutinou), bez přítomnosti plynné složky. Viz obr. 4.9. Wydlerova známka byla v průběhu pitvy hodnocena pouze u 5 případů, v ostatních případech nebyl žaludeční obsah jímán a ponechán sedimentovat. Ve všech případech byla tato známka pozitivní. Pouze v jednom případě byla současná pozitivita této známky na pmCT i při pitvě. Ve zbylých 4 případech byl pmCT obraz Wydlerovy známky charakterizován oddělením žaludečního obsahu pouze ve 2 vrstvy, nikoli ve tři (v defaultním diagnostickém okně a bez měření denzit).

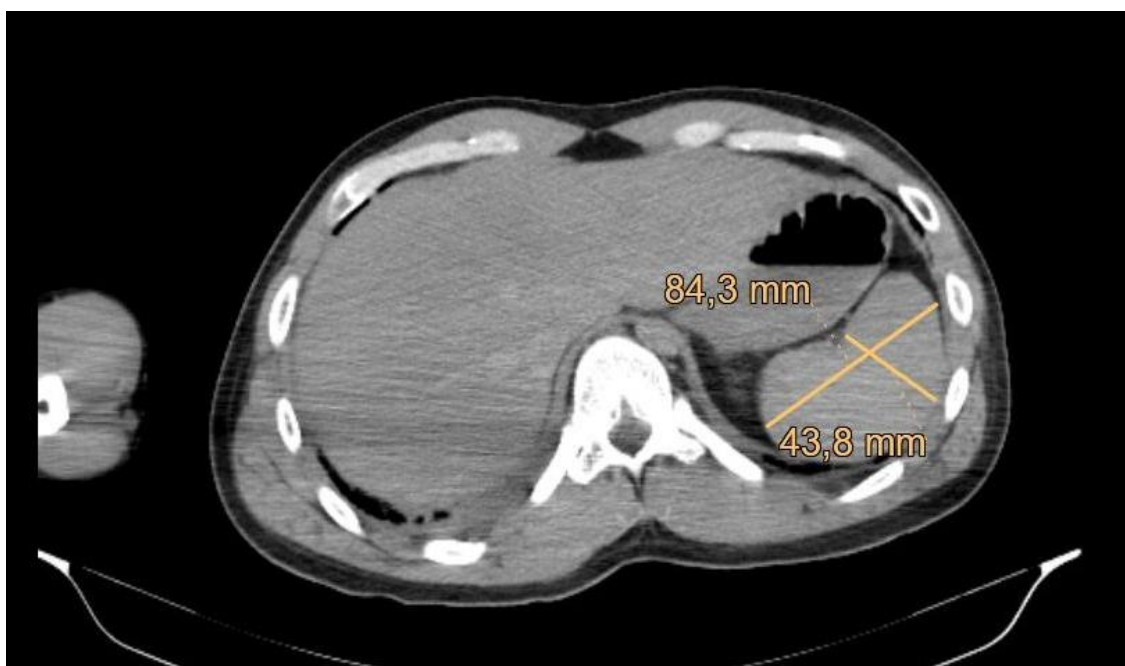


**Obr. 4.9** Dvě oddělené vrstvy obsahu žaludku – plyn a tekutina

## SABINSKÉHO PŘÍZNAK

Sabinského příznak (malá svařetělá slezina) byl na pmCT evaluován na základě měření rozměrů a denzity sleziny. Na pmCT byly měřeny dva rozměry sleziny na středním (nejširším) řezu tímto orgánem v transverzální rovině (viz obr. 4.10), společně s průměrnou denzitou tkáně sleziny v tomto řezu. Sabinského příznak byl při pitvě diagnostikován pouze u 4 případů z 27 (14,8 %). Jedná se však o případy, kdy byla tato známka explicitně zmíněna v soudnělékařské diagnóze. Zpětným prostudováním pitevních protokolů bylo zjištěno, že malá omezeně krevnatá slezina se svařetělým pouzdem byla v pitevním protokolu popsána v dalších 7 případech utonutí. Celkem lze tedy uvažovat o 11 (40,7 %) pozitivních případech, ve kterých nález odpovídal morfologickému obrazu Sabinského známky. Váha sleziny se u těchto případů pohybovala v rozmezí 50–125 g (průměrně 103 g).

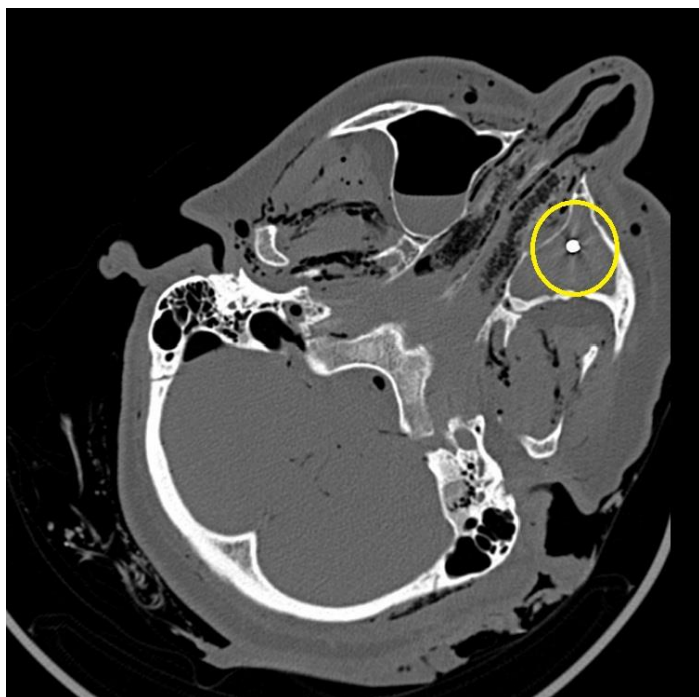
V jednom z 11 při pitvě pozitivních případů nebyly dostupné transverzální pmCT řezy trupem, ve všech zbylých případech bylo možné výše uvedenou známku hodnotit. Rozměry sleziny ve dvou rovinách měřené na pmCT se statisticky navzájem významně nelišily ve skupině případů morfologicky pozitivních od rozměrů sleziny u všech zbývajících případů, které nebyly při pitvě hodnoceny jako pozitivní Sabinského známka. Denzita tkáně se u případů hodnocených jako pozitivní Sabinského příznak se pohybovala v rozmezí -14 až +127 HU a taktéž se statisticky významně nelišila od denzity sleziny v ostatních případech, které nebyly hodnoceny jako pozitivní Sabinského příznak.



**Obr. 4.10** Způsob měření dvou rozměrů sleziny na středním řezu orgánem

## PŘÍTOMNOST EXOGENNÍHO MATERIÁLU (ROZSIVEK)

Přítomnost exogenního materiálu, konkrétně struktur charakteru rozsivek, nebyla zachycena na žádném snímku z provedených pmCT vyšetření.<sup>6</sup> Vzhledem k absenci standardizované laboratorní metody pro analýzu přítomnosti rozsivek na pracovišti, nebyl tento nález v pitevním protokolu popsán v žádném ze studovaných případů. Jako kuriozita bylo na jednom snímku zachyceno cizí těleso kulovitého tvaru průměru do 1 cm v levé maxilární dutině o denzitě +2383 HU až +3064 HU, která odpovídá kovové substanci (při pitvě nepopsáno). Viz obr. 4.11.



**Obr. 4.11** Cizí těleso zachycené v levé maxilární dutině

## DESCENDENTNÍ TYP HNILOBY

Rozvinuté hnilobné změny charakteru difúzního prostoupení měkkých tkání celého těla hnilobnými plyny, ztráta struktury a kolaps vnitřních orgánů a ev. devastace měkkých tkání vývojovými stadii hmyzu byly na pmCT zjištěny ve 4 z 27 hodnocených případů. Nález na pmCT nedovoloval jednoznačné vyjádření, zdali se jedná o descendantní typ hniloby. Rozvinuté hnilobné změny byly při pitvě zjištěny ve 4 případech, přičemž se jedná o shodné případy jako výše popsané na pmCT. Na základě popisu hnilobných změn v pitevních protokolech lze pak dovozovat, že descendantní typ hniloby byl rozvinutý pouze v jednom ze 4 případů, ve zbylých případech byly hnilobné změny rozvinuty na celém těle symetricky.

<sup>6</sup> Velikost rozsivek (*Diatomaceae*) se pohybuje nejčastěji v rozmezí 2–200  $\mu\text{m}$ , tj. jejich rozlišení je na standardním pmCT vyšetření obtížně zachytitelné.

## OTOK MOZKU

V případě absence ložiskových změn v mozkovém parenchymu, které jsou i na nativním pmCT snímku snadno zobrazitelné a zapříčiňují rozvoj otoku mozku vč. případného přesunu středočarových struktur, je hodnocení otoku mozku na pmCT poměrně obtížné, založené na subjektivní zkušenosti s odečítáním CT nálezů a pmCT nálezů na mozku. Nález charakterizuje především nespecifické vyhlazení gyrifikace mozkové kůry se zúžením prostorů mezi závity (mozkových rýh), zúžení komorového systému mozku, ev. známky mozkové herniace. Viz obr. 4.12. Zcela obdobné morfologické nálezy (společně s hmotností mozku a konzistencí mozkové tkáně) jsou potom hodnoceny jako známky otok mozku i při pitvě – jejich hodnocení je do jisté míry subjektivní.

V hodnoceném souboru byly výše popsané známky otoku mozku zjištěny u 15 případů (55,6 %) z 27, ve 4 případech nebyly známky otoku mozku nalezeny, ve 4 případech nebyl nález jednoznačný. Ve zbývajících 4 případech byl nález významně modifikován rozvinutými hnilobnými změnami s částečnou hnilobnou dekompozicí mozkové tkáně. Vyjma 3 případů s pokročilými hnilobnými změnami byl otok mozku v pitevním protokolu popsán ve všech případech.



**Obr. 12** Otok mozku na pmCT – vyhlazení gyrifikace mozkové kůry se zúžením prostorů mezi závity a zúžením komorového systému mozku

## PROSÁKNUTÍ STĚNY ŽLUČNÍKU

Tuto známku nebylo možné hodnotit v žádném z vybraných případů z důvodů nedostatečné rozlišovací schopnosti pmCT snímků, které nedovolovaly rozeznat vlastní stěnu žlučníku

na spodině jater, a to ani ve formě obrysu tohoto orgánu. V pitevních protokolech byl záznam o zvýšeném prosáknutí stěny žlučníku zjištěn v jediném případě.

#### NÁPLŇ DVANÁCTNÍKU, TENKÉHO STŘEVA A TLUSTÉHO STŘEVA

Na pmCT byla náplň střev hodnocena ve 21 případech, v 6 případech nebylo možné nález hodnotit z důvodu chybění transverzálních řezů trupem. Obraz náplně dvanáctníku, tenkého střeva a tlustého střeva byl ve všech případech a ve všech částech střev opticky povšechně shodný, tvořen pevným obsahem (bez možnosti bližší diferenciaci jeho charakteru a konzistence) a větším množstvím plynu. Ve 2 případech bylo možné hodnotit náplň střev jako zpěněný obsah. Při pitvě nebyl obsah tenkého a tlustého střeva ve vybraných případech blíže popisován.

#### NÁPLŇ MOČOVÉHO MĚCHÝŘE

Naplňený močový měchýř tekutinou byl na pmCT zjištěn v 17 případech (81,0 %) z 21 hodnocených, v 6 případech nebylo možné nález hodnotit z důvodu chybění transverzálních řezů pánví. V jednom případě byl zjištěn roztažený močový měchýř naplněný částečně tekutinou, částečně plynem, ve zbylých 3 případech byl močový měchýř prázdný a kontrahovaný. Při pitvě nebylo množství moči v močovém měchýři ve vybraných případech měřeno.

### 4.5 Diskuze

Využití pmCT v diagnostice utonutí nebylo doposud v soudnělékařské praxi v komplexním rozsahu studováno a souhrnná komparace morfologických známek utonutí zjistitelných při pitvě a na pmCT chybí. Dle recentně publikované literatury je doporučováno u těl vytažených z vody hodnotit na provedeném pmCT souhrn vybraných nálezů, které společně poskytují poměrně vysokou diagnostickou spolehlivost při stanovování diagnózy utonutí jako bezprostřední příčiny smrti. Těmito nálezy jsou: přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Kawasumi et al. 2012, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015), přítomnost tekutiny v dýchacích cestách (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Kawasumi et al. 2012, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015), Wydlerova známka (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Van Hoyweghen et al. 2015, Gotsmy et al. 2019) a *ground glass patterns* či *ground glass*

*opacities*, tj. disperzně či mozaikovitě rozptýlená ložiska vzhledu mléčného skla, případně opacity vzhledu mléčného skla (Kim et al. 2000, Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015). Van Hoyweghen a kol. (2015) však zároveň na základě své komparativní studie upozorňují na shodné nálezy na pmCT při hodnocení těchto konkrétních známek u zemřelých zmírajících v důsledku asfyxie z jiných příčin, než je utonutí. V menší míře se vybrané práce zabývají hemodilucí v levostranných srdečních oddílech (Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Ambrosetti et al. 2013, Filograna et al. 2015; Van Hoyweghen et al. 2015), obrazem vodní rozedmy vztažený k výši postavení bránice (Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Van Hoyweghen et al. 2015), Uenovou známkou a přítomností tekutiny v pohrudničních dutinách (Levy et al. 2007).

Lze shrnout, že napříč recentně publikovanou literaturou je doporučováno u případů utonutí na pmCT hodnotit následující souhrn nálezů, které ve svém komplexu poskytují poměrně vysokou diagnostickou spolehlivost při stanovování diagnózy utonutí na pmCT:

- přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách,
- přítomnost tekutiny v dýchacích cestách,
- Wydlerovu známku,
- *ground glass patterns*.

Je třeba však upozornit, že některé výše uvedené nálezy mohou být nespecifické (především Wydlerova známka a *ground glass patterns*) a některé nemusí být vždy vitální – mohou být důsledkem imerze, tj. ponoření těla do tekutiny (především přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách a v dýchacích cestách).

Provedenou analýzou pmCT nálezů u utonulých bylo zjištěno, že výpočetní tomografie představuje užitečný diagnostický nástroj k průkazu tekutinových kolekcí, což koreluje se závěry prací zabývajících se touto problematikou (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Kawasumi et al. 2012, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015). Přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnikova známka) je při pitvě diagnostikována za pomoci mechanického otevření (odpílením vibrační pilou či odsekáním stropu) dutiny klínové kosti a/nebo dutin horní čelisti s možností vzniku řady artefaktů. Standardně se při pitvě neozřejmuje náplň dutiny čichové kosti a kosti čelní. PmCT zobrazení je oproti tomu výtěžnou diagnostickou metodou, umožňující zhodnotit nejen přítomnost tekutiny ve všech vedlejších nosních dutinách, ale odhadnout i její množství,

případnou sedimentaci a za pomoci měření denzity i její charakter. Obdobně je mnohdy při pitvě nejednoznačný průkaz tekutiny a jejího množství v dýchacích cestách (dutině nosní, ústní, nosohltanu, průdušnici a průduškách), který může být modifikovaný manipulací s tělem před pitvou či v průběhu pitvy (např. otáčením těla) a preparací a vyjímáním krčních a hrudních orgánů s jejich mechanickým „ohýbáním a překlápěním“. PmCT zobrazení obliterace jinak vzdušného průsvitu či dutiny je oproti tomu diagnosticky nesporné, navíc je pořízeno před pitvou, tedy předtím, než je s tělem výrazněji mechanicky manipulováno. Kvalita zobrazení, společně s vysokou senzitivitou, je u průkazu tekutiny ve vedlejších nosních dutinách a v dýchacích cestách nejvyšší ze všech radiologicky hodnocených známek utonutí. Specifičnost průkazu volné tekutiny je však nižší, ovlivněná možnou přítomností hnilobné tekutiny, krve, edémové tekutiny, zánětlivé tekutiny, žaludečního obsahu aj. Pouze částečné řešení tohoto problému přináší měření denzity zobrazené tekutiny. Avšak tyto limitace jsou do jisté míry obdobné i u klasické pitvy, kde pouhou aspekci není obvykle možné rozlišit původ tekutiny v dýchacích cestách či ve vedlejších nosních dutinách (např. edémovou tekutinu a z vnějšího prostředí aspirovanou tekutinu). V neposlední řadě je třeba upozornit, že nález volné tekutiny ve vedlejších nosních dutinách a v dýchacích cestách nemusí být vždy vitální známkou utonutí, může představovat pouze důsledek imerze těla.

Obdobně přináší velmi dobré výsledky zobrazení dalších tekutinových kolekcí v orgánech a tělních dutinách, zejména průkaz volné tekutiny v dutině hrudní (Levy et al. 2007). Tato známka byla ve studovaném souboru z důvodu vysoké senzitivity pmCT prokázána častěji než při pitvě. Charakter tekutiny přítomné v tělních dutinách zobrazený na pmCT by však měl být vždy ověřen pitvou, z důvodu nemožnosti diferencovat aspirovanou transsudující tekutinu za jinou patologickou tekutinu, kupř. zánětlivý exsudát či výpotek. Velmi dobře lze za pomoci pmCT zobrazení ozřejmit sedimentaci obsahu žaludku v několik vrstev, typicky ve tři vrstvy (Wydlerova známka), bez nutnosti jímání žaludečního obsahu do nádoby v průběhu pitvy s nutností vyčkání jeho sedimentace (Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Christe et al. 2010, Van Hoyweghen et al. 2015, Gotsmy et al. 2019). Ani tento nález však není specifický pro utonutí a je závislý na obsahu žaludku před vlastním tonutím.

Morfologický obraz vodní rozedmy plic je na pmCT charakterizován mozaikovitě rozptýlenými ložisky konsolidace plicní tkáně, které jsou označovány jako ložiska vzhledu mléčného skla, tzv. *ground glass opacities* či *ground glass patterns* (Kim et al. 2000, Levy et al. 2007, Christe et al. 2008, Filograna et al. 2015, Vander Plaetsen et al. 2015, Van Hoyweghen et al. 2015). Provedenou analýzou případů utonutí bylo zjištěno, že mozaikovitě



rozptýlená ložiska konsolidace plicní tkáně jsou poměrně subjektivně hodnotitelný nález, který lze snadno zaměnit za konsolidaci plicní tkáně z jiných, především patologických příčin. Měření denzity konsolidovaných a vzdušných oblastí v plicích ukázalo signifikantně rozdílné hodnoty, které vypovídají o rozdílné vzdušnosti hodnocených oblastí, ovšem bez možnosti bližšího ozřejmění příčiny konsolidace plicní tkáně. Pro radiologický průkaz vodní rozedmy plic lze proto na základě našich zkušeností s odečítáním této známky na pmCT snímcích doporučit mimo nález tzv. *ground glass patterns* revidovat ještě další tři známky, a to míru překrytí perikardu plicními křídly, výšku postavení bránice a přítomnost tekutiny v pohrudničních dutinách. Pozitivita minimálně tři známek je na základě naší studie diagnostická pro vodní rozedmu plic (u těl vytažených z vody).

Specifickou známkou utonutí je hemodiluce v levostranných srdečních oddílech. V této studii byla předpokládána spojitost mezi levostrannou hemodilucí a nižší denzitou obsahu v levostranných srdečních oddílech oproti oddílům pravostranným. Ve studovaném souboru byla průměrná denzita jak v aortě, tak v levé síni nižší než ve kmeni plicnice, resp. pravé síni. Význam této radiologické známky však vzhledem k nízkému počtu zkoumaných případů bude třeba v budoucnu ověřit studií na větším souboru utonutých, a to vč. zahrnutí souboru pro negativní kontrolu. Pro průkaz hemodiluce doporučujeme nyní komparaci a usouvztažnění této radiologické známky s pitevním nálezem hemolytické imbibice kořene aorty a výsledkem laboratorního testu na utonutí (Gettlerova testu).

Výše uvedené v odborné literatuře již zkoumané radiologické známky utonutí, byly v předkládané práci doplněny o několik dalších morfologických nálezů charakteristických pro pitevní diagnostiku utonutí, jejichž obraz byl na pmCT snímcích analyzován a komparován s pitevním nálezem.

Z dalších typických známek popisovaných při pitvě u případů utonutí, které byly revidovány na pmCT snímcích nebyly odpovídající nálezy nalezeny u těchto konkrétních známek: pěnový hřib u úst, Sabinského příznak, přítomnost rozsivek v kostní dřeni a vnitřních orgánech, prosáknutí stěny žlučníku a descendentní typ hniloby. Částečný překryv nálezů na pmCT a při pitvě byl shledán v případě hodnocení tzv. Uenovy známky. U některých známek bylo hodnocení omezeno nedostatečně velkým souborem případů (např. descendentní typ hniloby), u jiných nedostatečnou citlivostí metody (např. přítomnost rozsivek v kostní dřeni a vnitřních orgánech či prosáknutí stěny žlučníku).

Obraz otoku mozku je na pmCT hodnocen pouze hrubě subjektivně a obdobně jako náplň dvanáctníku, tenkého střeva, tlustého střeva a náplň močového měchýře nelze tuto známku považovat za specifickou pro diagnostiku utonutí.

Během hodnocení pmCT nálezů byla zjišťována řada limitací postmortálního zobrazování výpočetní tomografií. V první řadě je třeba uvést obecně známou a přijímanou nedostatečnost výpočetní tomografie v zobrazování měkkých tkání. V soudnělékařské diagnostice utonutí tato limitace znemožňuje zobrazení některých typických, vitálních a diagnosticky zásadních známek utonutí jako Paltaufových skvrn pod poplicnicemi, obecných známek dušení, Sehrtových trhlín ve sliznici žaludku, hemolytickou imbibici kořene aorty a endokardu levostranných srdečních oddílů, krevních výronů ve svalstvu krku, pletenců horních končetin a trupu, případně přítomnost rozsivek v kostní dřeni a vnitřních orgánech a dalších doplňujících známek jako je kupř. macerace kůže či husí kůže. V neposlední řadě se limitace zobrazování měkkých tkání projevuje v nemožnosti zobrazit pomocí pmCT nálezy související s mechanickým poškozením kožního krytu (zejména tupá a ostrá poranění), jejichž posouzení je v soudnělékařské praxi stěžejní.

Nespornou limitací pmCT zobrazování jsou rozvíjející se autolytické změny, které vedou k prostoupení měkkých tkání hnilobnými plyny, průniku hnilobné tekutiny do preformovaných dutin, kolapsu vnitřních orgánů a povšechnému setření struktury měkkých tkání. To vede ke znehodnocení některých typických nálezů svědčící pro utonutí, např. vodní rozedmy plic, Svěšnikovy známky, přítomnosti pěny v dýchacích cestách, hemodiluce v levostranných srdečních oddílech aj. Nevýhodou pmCT vyšetření je dále omezené hodnocení charakteru tekutin a možná nesprávná primární diagnostika (např. záměna zánětlivé náplně a zevně aspirované tekutiny ve vedlejších nosních dutinách, záměna vdechnutého žaludečního obsahu a zevně aspirované tekutiny v dýchacích cestách, záměna ložisek zánětlivě změněné konsolidované plicní tkáně s ložisky vzhledu mléčného skla apod.). V případě nálezů úrazových změn na skeletu je pak limitací pmCT omezená možnost hodnocení vitality poranění. Všechny zjištěné nálezy by proto měly být vždy současně posouzeny i při klasické pitvě a obě metody se tak vzájemně doplňovat. V neposlední řadě je třeba uvést jako limitaci pmCT s možným vznikem artefaktů manipulaci s mrtvým tělem během překládání těla na skenovací podložku. Neopatrná manipulace s tělem, zejména jeho opakované otáčení kolem dlouhé osy, může vést k znehodnocení některých nálezů, zejména Svěšnikovy a Wydlerovy známky, v průběhu vlastního pmCT vyšetřování.

Komplexní analýzu pmCT obrazů u skupiny těl vytažených z vody, u kterých bylo následně provedenou pitvou stanoveno utonutí jako bezprostřední příčina smrti, bylo zjištěno, že pouze některé z typických známek utonutí lze na výstupech z pmCT validně revidovat. Mezi diagnostické známky, které lze ekvivalentně nalézt a hodnotit na pmCT zobrazení patří: **vodní rozedma plic, přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnikova známka), přítomnost tekutiny v dýchacích cestách (dutině ústní, nosní, hrtanu, průdušnici a průduškách), Wydlerova známka a hemodiluce v levostranných srdečních oddílech.** Mezi diagnostické známky, které lze hodnotit pouze při klasické pitvě patří: macerace kůže, husí kůže, přítomnost pěny u úst, Paltaufovy skvrny pod poplicnicemi, Sehrtovy trhliny ve sliznici žaludku, hemolytická imbibice kořene aorty, obecné známky dušení a přítomnost rozsivek v kostní dřeni a vnitřních orgánech, která je však hodnocena mikroskopicky. Dále jsou na pmCT zjišťovány radiologické nálezy, které jsou hodnoceny dle dostupné literatury jako známky utonutí, avšak při klasické pitvě jsou obtížně hodnotitelné: *ground glass patterns* či *ground glass opacities* (opacity vzhledu mléčného skla) střídající se s oblastmi konsolidované plicní tkáň. Přehled pitevních a radiologických známek utonutí, vč. jejich vitality a specifčnosti vzhledem k mechanismu tonutí shrnuje tab. 3.

RADIOLOGICKÉ I PITEVNÍ ZNÁMKY UTONUTÍ		
ZNÁMKA	VITALITA ZNÁMKY	SPECIFIČNOST ZNÁMKY
vodní rozedma plic	vitální	specifická
přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnickova známka)	nevitální (?)	nespecifická (imerze těla)
přítomnost tekutiny v dýchacích cestách (dutině ústní, nosní, hrtanu, průdušnici a průduškách)	nevitální (?)	nespecifická (imerze těla)
Wydlerova známka	vitální	nespecifická
hemodiluce v levostranných srdečních oddílech	vitální	specifická
POUZE PITEVNÍ ZNÁMKY UTONUTÍ		
macerace kůže	nevitální	nespecifická (imerze)
husí kůže	vitální (?)	nespecifická
přítomnost pěny u úst	vitální	specifická
Paltaufovy skvrny pod poplicnicemi	vitální	specifická
Sehrtovy trhliny ve sliznici žaludku	vitální (?)	specifická (?)
hemolytická imbibice kořene aorty	vitální	specifická
přítomnost rozsivek v kostní dřeni a vnitřních orgánech (při komparaci s biotopem v němž došlo k utonutí)	vitální	specifická
obecné známky dušení	vitální	nespecifická
POUZE RADIOLOGICKÉ ZNÁMKY UTONUTÍ		
<i>ground glass patterns</i>	vitální (?)	nespecifická (?)

**Tab. 3** Radiologické a pitevní morfologické známky utonutí a jejich vitalita a specifičnost

PmCT vyšetření dále dovoluje vyloučit hrubé mechanické úrazové změny na kostře a přítomnost cizích předmětů v těle (v kontextu diferenciální diagnostiky vraždy a těla sekundárně vhozeného do vody). Výhodu lze dále nepochybně spatřovat v zobrazení některých nálezů, které lze při pitvě ozřejmit pouze speciálními preparacemi (např. přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách) či doplňkovými laboratorními vyšetřeními (např. hemodiluci v levostranných srdečních oddílech). V neposlední řadě jsou výstupy z pmCT archivovatelný materiál, který lze na rozdíl od pitvy kdykoliv opětovně revidovat a dodatečně posoudit. Obrazová přesvědčivost nálezů je především při forenzním dokazování v těchto případech obtížně zpochybnitelná.

V běžné soudnělékařské praxi nemusí být na první pohled přínos tohoto vyšetření u případů utonutí jednoznačný z důvodu možnosti ozřejmit většinu diagnostických známek samotnou pitvou bez potřeby pmCT. Přesto považujeme provedení tohoto vyšetření především u forenzně závažných a sporných případů jako nezbytné, zejména pro jeho revidovatelnost a obrazovou přesvědčivost. V neposlední řadě je třeba zdůraznit nesporný přínos pmCT v zobrazení tzv. negativních nálezů, a to i v lokalitách, které nejsou běžně podrobeny detailní pitvě (končetiny, skelet obličeje, pánev) a jejich chorobné či úrazové postižení tak může zůstat i přes pečlivě provedenou pitvu skryto.

#### 4.6 Závěr

V předkládané části práce byla provedena kompilace typických morfologických nálezů charakteristických pro případy utonutí a jejich komplexní zhodnocení na pmCT snímcích. Zároveň byla provedena komparace typických morfologických pitevních nálezů u případů utonutí s jejich ekvivalentním zobrazením na pmCT a s následnou analýzou výtěžnosti této metody v soudnělékařské diagnostice utonutí.

Vzhledem ke složitosti soudnělékařské diagnostiky utonutí představuje před pitvou provedené pmCT vyšetření efektivní komplementární diagnostickou metodu, která dovoluje ještě před samotnou pitvou s vysokou pravděpodobností vyslovit diagnózu utonutí. Tato diagnóza by však měla být vždy potvrzena klasicky provedenou pitvou. PmCT vyšetření umožňuje zobrazit a posoudit řadu typických morfologických nálezů charakteristických pro utonutí, především **vodní rozedmu plic, přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnikovu známku), přítomnost tekutiny v dýchacích cestách (dutině ústní, nosní,**

**hrtanu, průdušnici a průduškách), Wydlerovu známku a hemodiluci v levostranných srdečních oddílech.** Obdobně jako při čistě pitevní diagnostice utonutí je i při radiologickém hodnocení nezbytné přistupovat k těmto nálezům komplexně. Vzhledem k nízké specifitě a sporné vitalitě některých známek spočívá soudnělékařská diagnostika právě v jejich souhrnném posouzení a zejména v jejich korelaci s pitevním nálezem.

Analýza snímků z pmCT u 27 případů těl vytažených z vody poskytla základní studijní materiál, po jehož analýze bylo možné vymezit konkrétní spektrum pmCT nálezů, které jsou přínosné v soudnělékařské diagnostice utonutí a ustanovit základní metodiku vyšetřování těl vytažených z vody výpočetní tomografií na soudnělékařském pracovišti. Doporučený postup pmCT u suspektního utonutí shrnuje tab. č. 4.

POSTUP pmCT VYŠETŘENÍ	DOPORUČENÉ ZOBRAZENÍ	HODNOCENÉ NÁLEZY
tělo v poloze na zádech  minimální manipulace s tělem před vyšetřením  pmCT hlavy a trupu  (= nepodkročitelné minimum; celotělové pmCT lze doporučit při zvláštní indikaci – např. při poranění dolních končetin)	základní topogram trupu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• výška postavení bránice</li> </ul>
	transverzální řezy hlavou	<ul style="list-style-type: none"> <li>• přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách</li> <li>• přítomnost tekutiny v dýchacích cestách (dutině ústní, nosní, hrtanu, průdušnici)</li> </ul>
	transverzální řezy trupem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• přítomnost tekutiny v dýchacích cestách (průdušnici a průduškách)</li> <li>• překrytí perikardu plicními křídly</li> <li>• Wydlerova známka</li> <li>• hemodiluce v levostranných srdečních oddílech</li> </ul>
	transverzální řezy trupem – plicní okno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>ground glass patterns</i> (ložiska vzhledu mléčného skla)</li> </ul>

**Tab. 4** Doporučený postup pmCT vyšetřování u těla vytaženého z vody

---

## 5. BODNOŘEZNÁ PORANĚNÍ

---

### *Benefity pmCT vyšetření v soudnělékařské diagnostice poranění ostrým předmětem*

...

„Matko, maticčko, řekněte  
nač s sebou ten nůž béřete?“ -  
„Nůž bude dobrý - někde v chladu  
vypíchnem oči zlému hadu -  
pojd' jen honem, pojd'!“

„Sestro, sestřičko, řekněte,  
nač tu sekeru nesete?“ -  
„Sekera dobrá - někde v keři  
useknem hnáty líté zvěři -  
pojd' jen honem, pojd'!“

A když již přišly v chlad a keř:  
„Hoj, ty jsi ten had, tys ta zvěř!“  
Hory a doly zaplakaly,  
kterak dvě ženy nakládaly  
s pannou ubohou!

...

*K. J. Erben: Kytice – Zlatý kolovrat*

#### 5.1 Úvod do soudnělékařské diagnostiky poranění ostrým předmětem

Bodnořezná poranění se řadí mezi ostrá poranění, tj. poranění způsobená ostrým předmětem. Ostrým předmětem se rozumí nástroj, který má ostří a způsobuje řezné poranění či nástroj, který má hrot a způsobuje bodné poranění. Mezi nástroje s ostřím patří typicky nůž (jednostranné ostří) a dýka (oboustranné ostří), ale do této kategorie lze zařadit všechny předměty, které jsou schopné způsobit řezná poranění svými ostrými okraji (např. žiletky, nůžky, plechy, ostré plasty, úlomky skla aj.). Mezi bodné nástroje řadíme většinou podlouhlé nástroje s hrotem, kupř. jehlu, jehlici, šíp, šipku aj., avšak mezi bodné nástroje lze řadit také jakýkoliv jiný podlouhlý nástroj, který je schopen svým více či méně ostrým hrotem proniknout při dostatečném tlaku kůží a způsobit poranění, které svým charakterem odpovídá bodnému poranění (např. větev, klacek, tyč apod.). Zvláštním typem ostrých poranění jsou poranění sečná, vznikající dopadem sečného nástroje (sekyra, sekáček, mačeta, motyka aj.), poranění střížná, způsobená stříhem branží nůžek a poranění způsobená ostrými nástroji s vroubkovaným či zubatým ostřím (pily) (Procházka 1999). Vzhledem ke komplexnímu mechanismu vzniku a taktéž ke skutečnosti, že řezné nástroje (nože) a střížné nástroje



(nůžky), jsou velmi často používány jako nástroje bodné, není často z morfologického nálezu možné jednoznačné striktní zařazení úrazové změny mezi poranění řezné či bodné. Často jsou proto komplexy poranění ostrým předmětem shrnována pod souhrnný název bodnořezná poranění.

Řezná poranění vznikají tahem a tlakem ostří nástroje na kůži ve směru jeho dlouhé osy. Typicky mají tato poranění hladké okraje a ostré úhly. V jednom úhlu rány bývá povrchový nářez kůže. Rány mohou být různé délky a hloubky. Dle míry zasažení hlubokých struktur, zejména cévních svazků, se může jednat o zcela nezávažné povrchové poranění až život ohrožující úrazové změny. Nejčastějším mechanismem vzniku smrtelných řezných poranění je sebepoškození v rámci sebevraždy, kdy jsou řezné rány nalézány v typických anatomických lokalitách, mají typický vzhled a průběh (Procházka 1999, Byard et al. 2002, Straka et al. 2009, Straka et al. 2011, Kučerová 2016). Náhodná poranění řezným nástrojem jsou taktéž častá, ve většině případů však nedosahují život ohrožující závažnosti (kupř. řezné ranky na prstech vznikající při běžných domácích činnostech); dále mohou náhodně vzniklá řezná poranění různého rozsahu doprovázet komplexy poranění vznikající při dopravních úrazech, pracovních úrazech, explozích apod., nejčastěji mechanismem zasažení skleněnými střepy. Řezné rány vznikající v rámci aktivního násilí ze strany druhé osoby jsou spíše vzácné (oproti bodným poraněním); nejčastěji se jedná o mechanismus tzv. „podřezání hrdla“. K vraždě jedinou řeznou ranou může dojít po předcházející pacifikaci (svázání) či omámení oběti (léky, alkoholem), případně u osob neschopných aktivní obrany (děti, staré osoby). Řezný nástroj (nůž) však bývá v případě vraždy mnohem častěji použit jako nástroj bodný, resp. bodnořezný (Beran et al. 2015).

Bodná poranění vznikají tlakem hrotnatého nástroje na kůži ve směru jeho dlouhé osy. Bodné poranění je oproti řeznému poranění menší, co do délky, ale bývá výrazně hlubší. Defekt na kůži může být různého vzhledu a tvaru, a ne vždy odpovídá tvaru bodného nástroje (Beran et al. 2015, Hirt et al. 2015b). Závažnost poranění je dána rozsahem poranění hlubokých struktur, zejména vnitřních orgánů. Bodná poranění jsou tradičně označována jako jeden z nejčastějších mechanismů páchaní vraždy (Procházka 1999, Štefan et al. 2012, Beran et al. 2015). Bodná poranění u vražd nesou typické charakteristiky dovolující soudním lékařům provádějícím prohlídku na místě a následně pitvu ve většině případů jednoznačně odlišit mechanismus vzniku těchto poranění od náhod a sebevražd. Mezi tyto charakteristiky se řadí vícečetnost ran, přítomnost poranění v anatomických lokalitách nedostupných rukám oběti (záda, zadní strana krku), přítomnost známek obrany (kupř. drobné řezné ranky ve dlaních,

na prstech apod. vznikající uchopením nástroje, jímž je veden útok), bodání přes oděv aj. (Procházka 1999, Štefan et al. 2012, Beran et al. 2015). V soudnělékařské praxi se však s bodnými poraněními setkáváme i u sebevražd. Nejčastěji se jedná o izolovanou bodnou ránu do srdeční krajiny, méně častěji do jiné anatomické lokality, např. krku (Zátopková et al. 2012, Kučerová et al. 2016). Podobně může být bodné poranění náhodným úrazem, kupř. v důsledku nabodnutí (tzv. „impalement“) těla na hrotnatý předmět při pádu nebo dopravní nehodě (Janík et al. 2013). Typicky u vražd je charakter a vzhled poranění ostrým předmětem mnohdy značně heterogenní, způsobený pohybem, obranou a uhýbáním oběti, vč. vzniku výše zmíněných obranných poranění a spíše než jednoznačná striktní klasifikace daného poranění na ránu bodnou či řeznou je vhodnější tato poranění shrnout pod již výše zmíněný termín bodnořezné poranění.

Soudnělékařské hodnocení poranění ostrým předmětem tkví v nezbytnosti posouzení mechanismu vzniku poranění, charakterizaci typu zraňujícího nástroje, zjištění příčinné souvislosti mezi poraněním a příčinou smrti a vyjádření se k případné schopnosti jednání poškozené osoby. Zcela zásadním úkolem soudního lékaře ve vztahu k OČTŘ je vyjádřit názor, zdali dané poranění ze soudnělékařského hlediska naplňuje charakteristiky poranění vznikajících při sebevraždě, případně zdali je možné připustit náhodný úraz, popřípadě zdali je z charakteru poranění možné soudit na aktivní násilí ze strany druhé osoby (napadení ostrým nástrojem). Následná klasifikace činu v kategoriích sebevražda – vražda – náhoda je však již v rukou PČR a soudním lékařům nepřisluší.

Vzhledem ke skutečnosti, že právě bodnořezná poranění se opakovaně vyskytují u forenzně nejzávažnějších případů (vražd) a zároveň se v soudnělékařské praxi čteně objevují i náhodná a sebevražedná bodnořezná poranění, je toto posuzování jednou ze stěžejních otázek oboru.

Soudnělékařské hodnocení je zaměřeno na zhodnocení morfologie rány, která může určit typ zraňujícího předmětu, na zhodnocení počtu a lokalizace bodnořezných poranění, vizualizaci průběhu bodného kanálu (hloubka, směr, zasažené struktury) a určení příčiny smrti. Ve všech těchto případech je vždy na místě pečlivá obrazová dokumentace všech zjištěných úrazových změn, vč. jejich vyčerpávajícího morfologického popisu v pitevním protokolu. Rozložení úrazových změn na těle poškozené osoby podává zásadní informaci o směru působícího násilí a dovoluje tak objektivní náhled na předkládanou (vyšetřujícími složkami, pachatelem) verzi celého incidentu s možností vyloučení či připuštění případného aktivního násilí ze strany druhé osoby, resp. sebevražedného jednání či náhody.

Použití zobrazovacího vyšetření u poranění ostrým předmětem není *condicio sine qua non* v běžné soudnělékařské praxi, ale je u ostrých poranění doporučováno (Bertozzi et al. 2020). Konvenční RTG vyšetření, kterým disponuje většina soudnělékařských pracovišť v ČR, bezpečně detekuje přítomnost rentgen-kontrastního cizího tělesa v těle, např. zraňujícího nástroje či jeho části, dále může odhalit hrubé úrazové změny na kostře, event. přítomnost větších plynových kolekcí (Schnider et al. 2009, Sano et al. 2018). Nezbytné je ve většině případů snímkování minimálně ve dvou projekcích. Následně provedená klasická pitva je u bodnořezných poranění obvykle prováděná technikou „vrstva po vrstvě“, jejímž cílem je detailní rekonstrukce průběhu bodného kanálu. Technika je poměrně časově náročná a nese s sebou riziko poškození předtím intaktních struktur (Schnider et al. 2009). Za obsolentní metodu je dnes považováno sondování bodného kanálu (Schnider et al. 2009). Kvalitní zobrazení bodného kanálu bez rizika artefaktů umožňuje pmCT vyšetření. I přes nižší benefit nativního zobrazení oproti pmCT angiografii poskytuje toto vyšetření základní informaci o průběhu a hloubce bodného kanálu, přítomnosti cizích předmětů v kanálu, poškozených měkkých tkáních, zasažených kostěných strukturách, průniku vzduchu do bodného kanálu a tělesných dutin a přítomnosti volné tekutiny (krve) v tělesných dutinách. Komplex zjištěných nálezů tak může ještě před započítím pitvy napovědět o směru a intenzitě působícího násilí a o příčině smrti a následně směřovat pitvajícího lékaře k adekvátnímu naplánování průběhu pitvy (Thali et al. 2002, Oesterhelweg et al. 2007, Schnider et al. 2009). Omezením nativního pmCT je především nižší kontrast měkkých tkání, a to zejména parenchymových orgánů a dále výrazně omezená schopnost znázornění – pro bodnořezná poranění stěžejního – vaskulárního systému (Grabbher et al. 2018). Dominujícím diagnostickým prostředkem, který umožňuje přesné ozřejnění poškozených cévních svazků představuje pmCT angiografie (Moskala et al. 2012, Palmiere et al. 2012, Savall et al. 2015, Grabbher et al. 2018). Jedná se o metodu, která není zatím v našich podmínkách dostupná, ale z hlediska mezinárodních trendů je třeba uvést, že pro využití této metody byl již v roce 2011 publikován standardizovaný protokol (Grabbher et al. 2011). Palmiere et al. doporučuje toto vyšetření v případě, že jsou použity tři angiografické fáze společně s nativním zobrazením jako „standard excellence“ u případů, kde je nezbytné ozřejmit zdroj krvácení, a to nejen u bodnořezných poranění. I v těchto případech však považuje za nezbytné provedení standardní pitvy po pmCT vyšetření (Palmiere et al. 2012). Význam pmCT u bodnořezných poranění hrudníku zmiňuje i Ruder et al., který upozorňuje na obtížnost rekonstrukce průběhu

bodného kanálu u bodných poranění hrudníku, kde může dojít k modifikaci jeho průběhu posunem nitrohrudních orgánů v důsledku pneumothoraxu a kolapsu plic (Ruder et al. 2011).

Lze shrnout, že základní morfologické nálezy u bodnořezných poranění tvoří:

- morfologická charakteristika vzhledu defektu (defektů) kůže (anatomická lokalizace, velikost, tvar, charakter okrajů, směr, četnost a hloubka poranění, poranění kůže v okolí defektu, zejména povrchové nářezy kůže),
- morfologická charakteristika známek obrany (přítomnost a anatomická lokalizace, která je významná v dif. dg. sebevražedného jednání vs. aktivního jednání ze strany druhé osoby),
- morfologické nálezy, dle kterých je určena příčina smrti (zakrvácení velkých tělních dutin, průnik vzduchu do dutin, vzduchová embolie, aspirace krve, známky akutní nedokrevnosti vnitřních orgánů; vč. zhodnocení příčinné souvislosti mezi poraněním/poraněními a bezprostřední příčinou smrti),
- vitální známky poranění (krevní výrony v okolí poranění, zakrvácení dutin, aspirace krve, vzduchová embolie).

## 5.2 Cíle

Cílem disertační práce bylo **zachytit a zhodnotit typické morfologické nálezy**, které jsou zjišťovány při pitvě u bodnořezných poranění na ekvivalentním zobrazení na pmCT a následně **posoudit výtežnost pmCT v soudnělékařské diagnostice bodnořezných poranění** komparací rozsahu nálezů zjistitelných pitvou a výpočetní tomografií.

Zásadním výstupem bylo po komplexním zhodnocení pmCT nálezů u bodnořezných poranění **stanovení konkrétního spektra pmCT nálezů**, které jsou objektivně přínosné v soudnělékařské diagnostice bodnořezných poranění a dále vytvoření návrhu základní metodiky vyšetřování těchto případů výpočetní tomografií na soudnělékařském pracovišti.

## 5.3 Materiál a metodika

Do studie bylo zařazeno celkem 13 případů těl zemřelých osob s bodnořezným poraněním, u kterých bylo před klasickou pitvou provedeno pmCT vyšetření. Výše uvedené typické morfologické nálezy zjišťované při klasické pitvě byly zjišťovány a hodnoceny na pmCT zobrazení následujícím způsobem:

- morfologická charakteristika vzhledu defektu (defektů) kůže – hodnocena na rekonstrukci povrchu těla a transverzálních řezech hlavou, krkem, trupem a končetinami, hodnocení zaměřeno především na odečtení počtu ran (defektů kůže) na pmCT; v místě defektu kůže byla dále sledována pozitivita zobrazení bodného kanálu (viz níže),
- morfologická charakteristika známek obrany – hodnocena na rekonstrukci povrchu těla a transverzálních řezech hlavou, krkem, trupem a končetinami, hodnocení zaměřeno především na zjištění přítomnosti a počtu ran v typických anatomických lokalitách,
- bodný kanál – hodnocen jako jakákoliv forma zobrazení průběhu poranění od defektu kůže směrem k hlubším strukturám,
- morfologické nálezy související s bezprostřední příčinou smrti – hodnoceno:
  - zakrvácení velkých tělních dutin,
  - průnik vzduchu do dutin (zejména pneumothorax, pneumoperitoneum),
  - vzduchová embolie (v pravostranných či levostranných srdečních oddílech, krčních a končetinových cévách, v periferii, v kontextu se stupněm rozvoje hnilobných změn),
  - aspirace krve (přítomnost tekutiny v dýchacích cestách, ložisková nevzdušnost plicní tkáně),
  - známky akutní nedokrevnosti vnitřních orgánů – nebyly hodnoceny (při pitvě obvykle charakterizovány slabě vytvořenými posmrtnými skvrnami, bledostí vnitřních orgánů a prázdnými srdečními oddíly, tzv. *empty contracted heart*),
- vitální známky – hodnoceno zakrvácení dutin, aspirace krve a vzduchová embolie (viz výše), nehodnoceny krevní výrony v měkkých tkáních v okolí poranění, neboť jejich zobrazení je na nativním CT nejednoznačné.

Dále bylo hodnoceno:

- poranění kostěných struktur,
- přítomnost části zraňujícího předmětu.

Ve všech případech byly v době provedení pmCT vyšetření zhotoveny základní transverzální řezy hlavou, krkem a trupem. V případě, že byly makroskopicky zřejmé úrazové změny na dolních končetinách, bylo provedeno i otočení těla o 180° a pořízeny základní transverzální řezy dolními končetinami. Z důvodu omezeného snímacího pole přístroje chyběly v některých případech transverzální řezy horními končetinami, které se nevešly do snímaného pole přístroje.

Pro hodnocení defektů kůže bylo nutné vytvoření rekonstrukce povrchu těla, která byla sice dostupná ve všech případech, ale ne vždy zaujímala veškeré poraněné anatomické lokality. Konkrétně ve 3 případech, kdy byly poraněny horní a/nebo dolní končetiny nebyly tyto rekonstrukce kožního krytu z technických příčin vytvořeny a byly dostupné pouze rekonstrukce hlavy a krku.

## 5.4 Výsledky

Do studie bylo zařazeno celkem 13 případů těl s bodnořezným poraněním, 5 žen a 8 mužů. Věkový průměr zemřelých byl 48,0 let, nejmladšímu jedinci byly 2 roky, nejstaršímu jedinci 90 let.

V 8 případech (61,5 %) byla pitvou stanovena bezprostřední příčina smrti zevní vykrvácení, ve 2 případech (15,4 %) kombinace zevního a vnitřního vykrvácení, ve 2 případech (15,4 %) kombinace zevního vykrvácení a bodného poranění mozku a v 1 případě (7,7 %) žilní vzduchová embolie. V 5 případech (38,5 %) byl případ ze strany PČR vyšetřován jako vražda, v 7 případech (53,8 %) jako sebevražda a v 1 případě (7,7 %) jako nehoda (jednalo se o pád do skleněné výplně dveří).

V 11 případech byl řezným, resp. bodnořezným nástrojem nůž (84,6 %), v jednom případě motorová pila (7,7 %) a v jednom případě skleněné střepy (7,7 %).

Pouze v jednom případě bylo tělo přivezeno k pitvě již s makroskopicky patrnými rozvíjejícími se známkami hnilobného rozkladu, které se na pmCT snímcích projevíly přítomností vzduchu v páteřním kanále, mozku a játrech. Ve zbývajících 12 případech se jednalo o těla bez makroskopicky patrných hnilobných změn. V 6 z těchto 12 případů byl na pmCT snímcích zjištěna ojedinělá ložiska bublinek hnilobného plynu v jaterních cévách.

Výsledky morfologických známek hodnocených na pmCT a při pitvě u bodnořezných poranění:

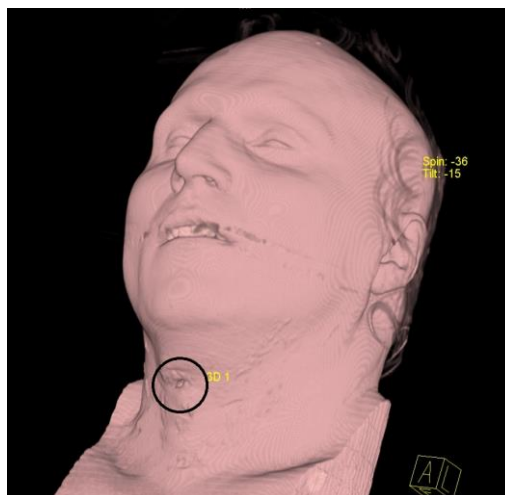
### MORFOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA VZHLEDU DEFEKTU (DEFEKTŮ) KŮŽE

Ve 13 hodnocených případech bylo na základě zevní prohlídky popsáno v pitevních protokolech celkem 189 bodnořezných ran. Na pmCT zobrazení bylo u shodných případů rozpoznáno a odečteno celkem 34 bodnořezných poranění, tj. 18,0 %. Celkem v 9 případech ze 13 hodnocených nebylo možné na pmCT na obou formách zobrazení (na transversálních řezech i na rekonstrukci povrchu těla) odečíst kompletně všechny defekty kůže, které byly popsány v pitevním protokolu. Nejvýznamnější početní rozdíly v počtu evidovaných poranění

byly zaznamenány v 6 případech, u kterých počet ran přesáhl 10. Jednalo se ve všech případech o mnohočetná bodnořezná poranění v bezprostřední blízkosti u sebe, navíc některá z nich byla pouze povrchového charakteru. Porovnání nálezu na rekonstrukci povrchu těla na pmCT a nálezu při pitvě u případu, kde pmCT nezobrazilo všechny úrazové změny ukazují obr. 5.1a, b a obr. 5.2a, b.



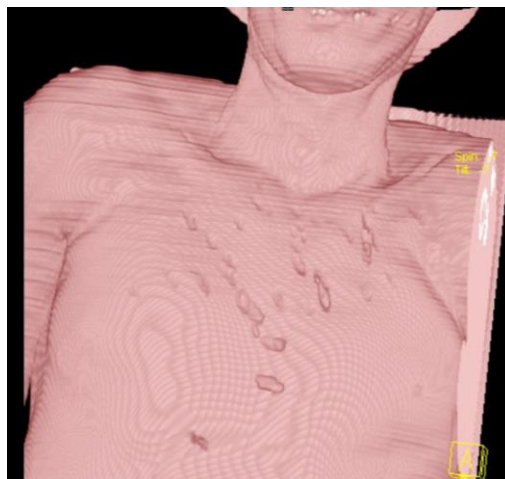
**Obr. 5.1a** Mnohočetná bodnořezná poranění krku (nález při pitvě)



**Obr. 5.1b** Bodnořezné poranění krku na pmCT (shodný případ)



**Obr. 5.2a** Mnohočetná bodnořezná poranění trupu (nález při pitvě)



**Obr. 5.2b** Bodnořezné poranění trupu na pmCT (shodný případ)

Ve 4 případech izolovaného hlubokého bodnořezného poranění krku, byl nález na rekonstrukci povrchu těla i na transverzálním řezu zobrazen komplexně a kvalitně (viz obr. 5.3a, 5.3b, 5.4a, 5.4b).



**Obr. 5.3a** Bodnořezné poranění krku  
na transverzálním řezu



**Obr. 5.3b** Bodnořezné poranění krku  
na rekonstrukci povrchu těla (shodný případ)



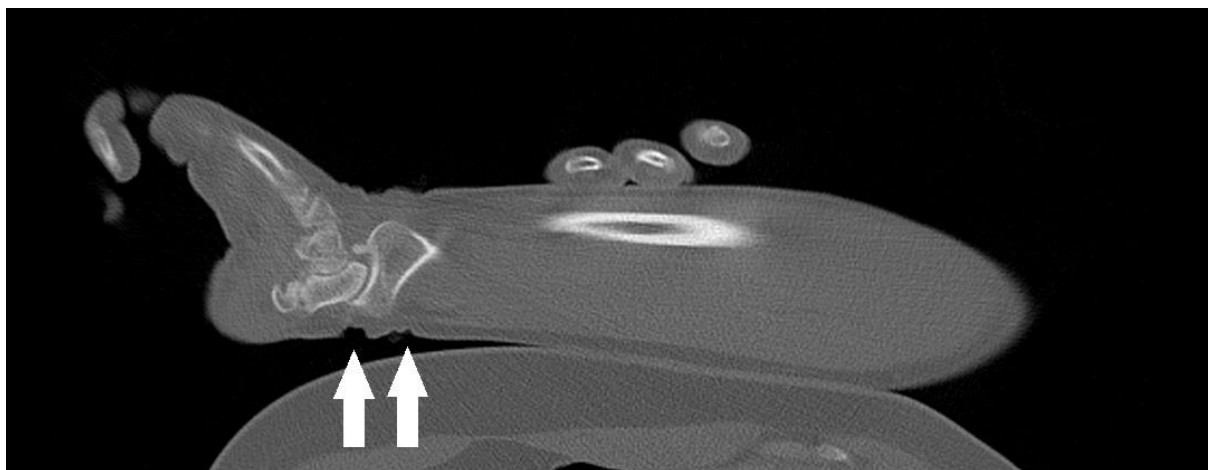
**Obr. 5.4a** Bodnořezné poranění krku  
na transverzálním řezu



**Obr. 5.4b** Bodnořezné poranění krku  
na rekonstrukci povrchu těla (shodný  
případ)

Rozlišitelnost morfologické charakteristiky vzhledu defektu kůže byla z důvodu nízké citlivosti zobrazení nedostačená především v případě povrchových nehlubokých bodnořezných poranění kůže, a to jak na transverzálních řezech, tak i na rekonstrukci povrchu těla. Z těchto důvodů nebylo možné na pmCT hodnotit ani bližší morfologickou charakteristiku okraje rány a případné zkusmé povrchové nářezy kůže v okolí (viz obr. 5.5).

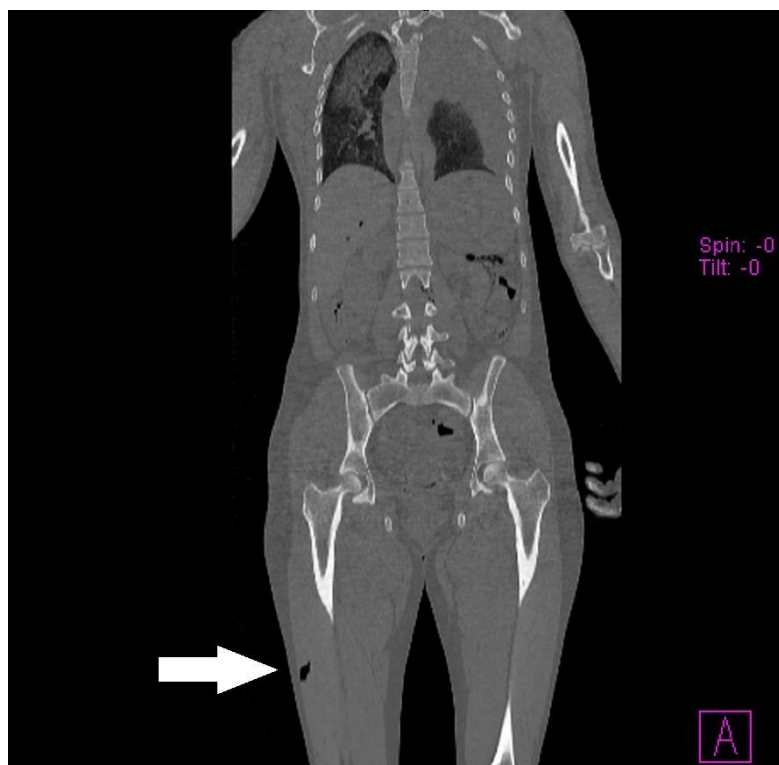




**Obr. 5.5** *Povrchové vícečetné bodnořezné rány na vnitřní ploše zápěstí*

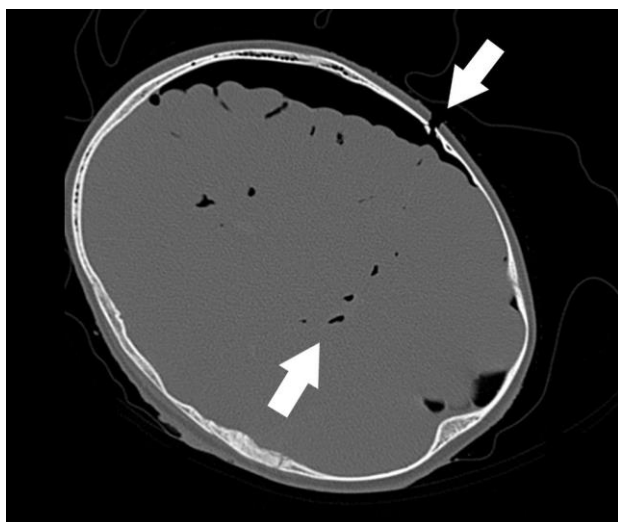
#### MORFOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ZNÁMEK OBRANY

Ze 13 hodnocených případů byla v pitevním protokolu popsána obranná poranění ve 3 případech, na pmCT byla zachycena pouze v jediném případě (33,3 %). Jednalo se o hlubší řezné poranění dolních končetin (viz obr. 5.6). Jejich zobrazení bylo limitováno jednak částečnou absencí rekonstrukce povrchu těla končetin, jednak vlastním charakterem obranných poranění (povrchové, nehluboké rány), pro jejichž zobrazení není pmCT dostatečně citlivé.

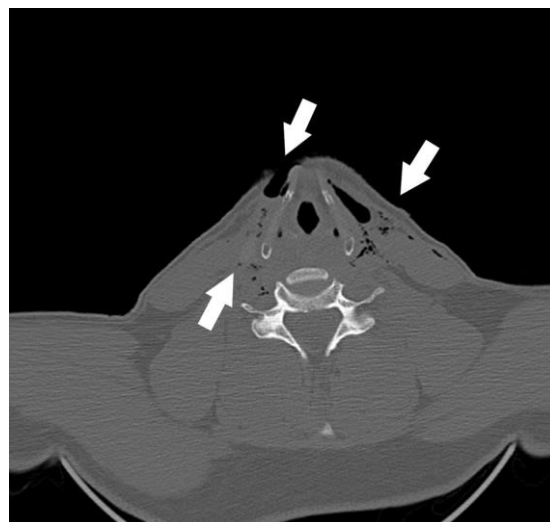


**Obr. 5.6** *Obranné poranění –  
hluboká řezná rána  
na pravém stehně při obraně  
pomocí kopů v poloze  
na zádech na lůžku vůči  
stojícímu pachateli útočícímu  
nožem*

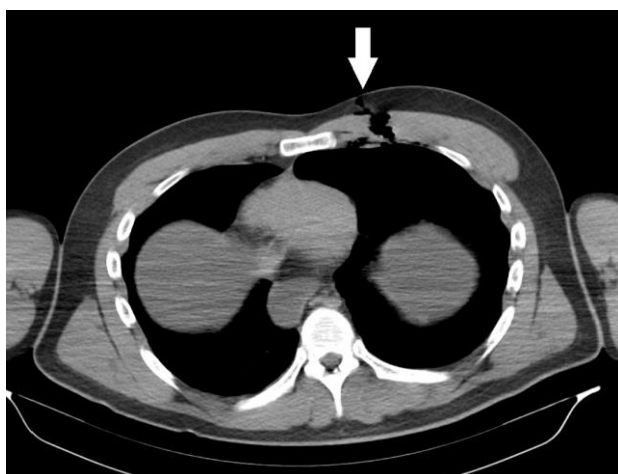
Bodný kanál byl na pmCT zobrazen ve 12 ze 13 hodnocených případů (92,3 %), avšak ne ve všech případech byl zobrazen bodný kanál u každého jednotlivého bodnořezného poranění, které bylo na těle zjištěno, což souvisí s výše popsanou nedostatečnou citlivostí pmCT pro zobrazení poranění měkkých tkání. Zobrazení bodného kanálu na pmCT je závislé na anatomické lokalizaci, hloubce poranění a rozsahu průniku vzduchu do kanálu. Ve 12 výše zmíněných případech byly bodné kanály nejčastěji zobrazeny ve formě drobných bublinek plynu kopírující průběh poranění v měkkých tkáních (viz obr 5.7 a 5.8). Kvalitní zobrazení bodného kanálu bylo opakovaně evidováno u bodných poranění hrudníku (viz obr. 5.9 a 5.10).



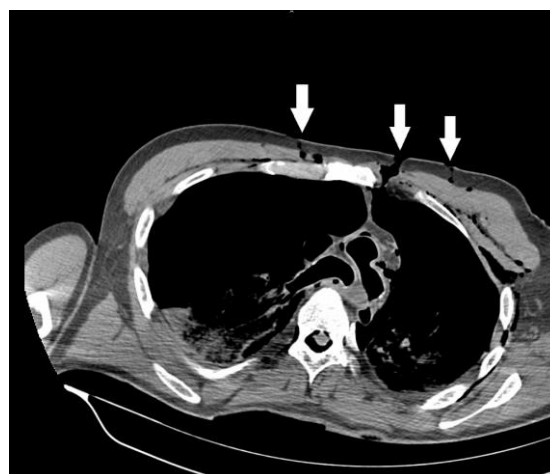
**Obr. 5.7** Bodný kanál v měkkých tkáních (mozku) u bodného poranění hlavy



**Obr. 5.8** Bodné kanály v měkkých tkáních krku



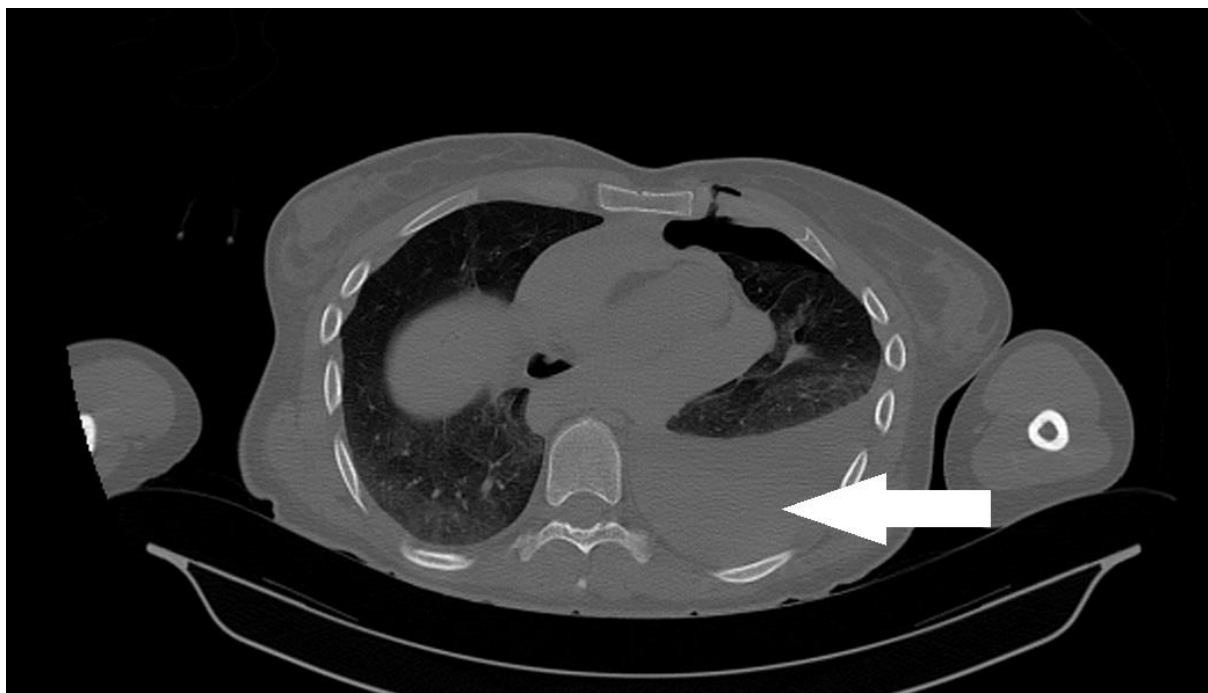
**Obr. 5.9** Bodný kanál v přední hrudní stěně



**Obr. 5.10** Bodné kanály v přední hrudní stěně

## ZAKRVÁCENÍ DUTIN

Ze 13 hodnocených případů byla v pitevním protokolu popsána přítomnost tekutiny v pohrudničních dutinách ve 4 případech, zatímco na pmCT bylo zakrvácení pohrudničních dutin zjištěno ve 3 případech. V jediném případě, ve kterém se nález na pmCT a při pitvě rozcházel, se jednalo o přítomnost povlaku krve pouze v jedné pohrudniční dutině. Z hlediska kvantifikace objemu bylo v jednom z případů na pmCT zjištěno naplnění cca  $\frac{1}{4}$  předozadní hloubky levé pohrudniční dutiny, což odpovídalo při pitvě naměřenému obsahu 400 ml krve v levé pohrudniční dutině. V dalším případě bylo zjištěno naplnění cca  $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$  předozadní hloubky levé pohrudniční dutiny, což odpovídalo při pitvě naměřenému obsahu 1000 ml krve v levé pohrudniční dutině (viz obr. 5.11). A v posledním případě byl zjištěn na pmCT pouze povlak krve v obou pohrudničních dutinách, což odpovídalo při pitvě naměřenému obsahu po 50 ml krve v obou pohrudničních dutinách.

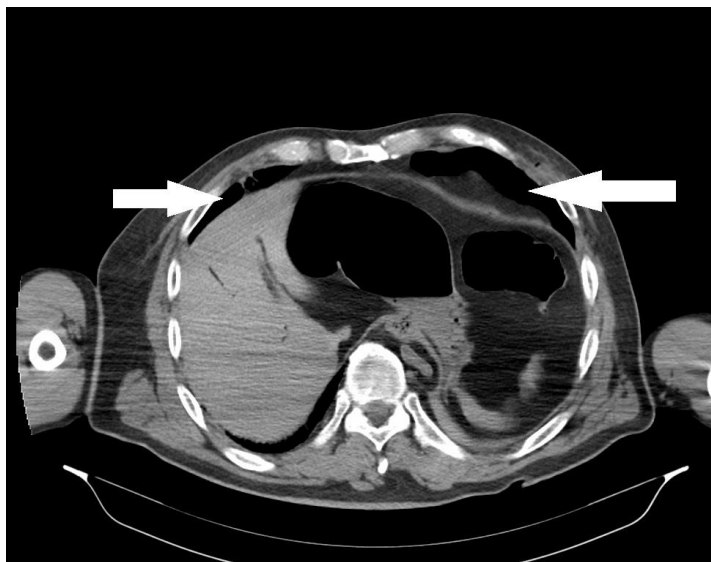


**Obr. 5.11** Zakrvácení levé pohrudniční dutiny

## PRŮNIK VZDUCHU DO DUTIN, ORGÁNŮ A TKÁNÍ

Ve 12 ze 13 hodnocených případů (92,3 %) byla zaznamenána nefyziologická přítomnost vzduchu v těle zemřelého. V 12 případech se jednalo o průnik vzduchu do měkkých tkání v bezprostředním okolí bodnořezného poranění, což je nález ekvivalentní zobrazení bodného kanálu. V 6 případech byla zjištěna přítomnost vzduchu v tělních dutinách (2x pneumoperitoneum (viz obr. 5.12), 4x pneumothorax, 4x pneumokranium

a 4x pneumomyelie). Ve všech případech nález souvisel s průběhem bodnořezných poranění, resp. bodným kanálem. V pitevním protokolu byl pouze ve 2 případech (15,4 %) popsán pneumothorax, v ostatních případech nebyl průnik vzduchu zaznamenán. V jediném případě, kdy nebyla zaznamenána žádná forma průniku vzduchu do těla zemřelého, se jednalo o izolované řezné poranění zápěstí.



**Obr. 5.12** *Pneumoperitoneum*

#### PLYNOVÁ (VZDUCHOVÁ) EMBOLIE

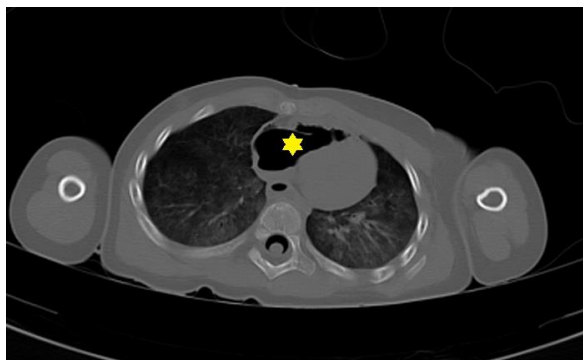
Zkouška na vzduchovou embolii byla v průběhu pitvy provedena v 6 případech (46,2 %), v 7 případech (53,8 %) provedena nebyla. Z 6 vykonaných zkoušek na vzduchovou embolii byl nález ve 2 případech negativní (33,3 %) a ve 4 případech pozitivní (66,7 %). Jeden z pozitivních případů byl však již při pitvě interpretován jako možný falešně pozitivní nález z důvodu předcházející preparace hlavy a krku s otevřením žilních kmenů.

Na pmCT byl nález vzduchové embolie zjištěn v 8 případech ze 13 (61,5 %). V jednom případě byly zároveň zachyceny rozvíjející se hnilobné změny těla charakteru přítomnosti vzduchu v páteřním kanále, mozku a játrech a nelze tedy vyloučit, že pozitivita vzduchové embolie je artefakt v důsledku hniloby.

Ve 3 případech (37,5 %) byla zjištěna přítomnost vzduchu pouze v pravostranných srdečních oddílech, v 5 případech (62,5 %) v pravostranných i levostranných srdečních oddílech. Ve 3 případech, ve kterých byla zjištěna přítomnost vzduchu pouze v pravostranných srdečních oddílech (viz obr. 5.13), bylo v pitevním protokolu popsáno přerušení žilních i tepenných kmenů na krku. Z 5 případů, kdy byla zjištěna přítomnost vzduchu v pravostranných i v levostranných srdečních oddílech, bylo ve 3 případech v pitevním

protokolu popsáno přerušení žilních i tepenných kmenů na krku bodnořezným poraněním. Ve zbývajících 2 případech se jednalo o bodné poranění hrudníku pronikající z pravé komory přes mezikomorové septum do levé komory, resp. o bodné poranění levé komory srdeční. V těchto případech tedy průnik vzduchu do srdečních oddílů vznikl odlišným způsobem, než odpovídá mechanismu vzniku vzduchové embolie. V žádném z těchto případů nebyl v pitevním protokolu popsán vrozený či nově (tj. úrazově – bodnořezným poraněním) vzniklý defekt septa síní či komor.

Ve výše zmíněných 4 případech, u kterých nebyla zjištěna přítomnost plynových kolekcí v srdečních oddílech, však byla ve dvou případech na pmCT zřejmá přítomnost vzduchu v cévách krku a mezihrudí (viz obr. 5.14) a současně byla v obou těchto případech pozitivní při pitvě provedená zkouška na vzduchovou embolii (tzv. „okénková zkouška“). Ve zbylých 2 případech, kdy byla pozitivní při pitvě provedená zkouška na vzduchovou embolii, byl nález současně pozitivní i na pmCT. Ve 2 případech, kdy byla při pitvě provedená zkouška na vzduchovou embolii negativní, byl v jednom případě nález na pmCT pozitivní (avšak pouze ve formě velmi drobných bublin v srdečních oddílech), v jednom případě negativní.



**Obr. 5.13** Pozitivní vzduchová embolie v pravostranných srdečních oddílech



**Obr. 5.14** Přítomnost vzduchu v krčních cévách

## ASPIRACE KRVE

Aspirace tekutiny byla na pmCT zjištěna v 5 případech (38,5 %) ze 13 hodnocených. Ve všech 5 případech byla zaznamenána hladina tekutiny v průdušnici, ve 2 případech zároveň i ložiska snížené vzdušné plicní tkáně. Ve 4 z těchto 5 případů se jednalo o bodnořezné poranění krku s otevřením dýchacích cest, v jednom případě o bodné poranění trupu (v tomto případě byl vdechnutý žaludeční obsah). V pitevních protokolech byl nález aspirace tekutiny do dýchacích cest popsán v 9 případech (69,2 %), ve 4 případech byla

současně popsána i aspirace až do plicní tkáně. Ve 2 případech se jednalo o aspiraci žaludečního obsahu, v 7 případech o aspiraci krve.

## VITÁLNÍ ZNÁMKY

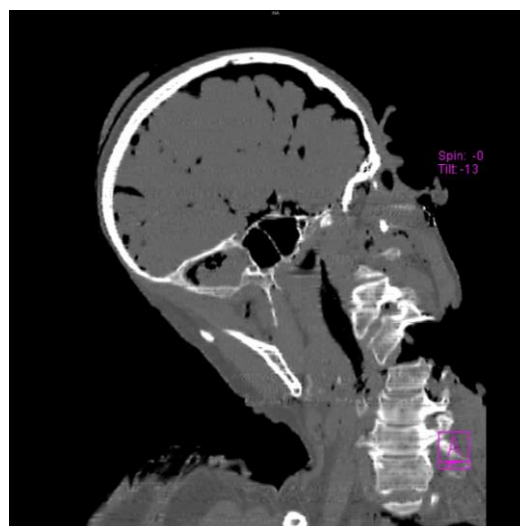
Známky vitality poranění představují u bodnořezných poranění krevní výrony v okolí ran, jejichž hodnocení je však na nativním pmCT sporné a v případě diskrétního prokrvácení až nemožné. Na žádném z hodnocených případů nebylo možné tento nálezn validně zhodnotit. Další vitální známky představují u bodnořezných poranění zakrvácení dutin v případě pronikajícího poranění, aspirace krve a vzduchová embolie, které byly popsány výše.

## PORANĚNÍ KOSTĚNÝCH STRUKTUR

Ve 4 ze 13 hodnocených případů (30,8 %) bylo na pmCT zjištěno poranění kostěných struktur. Ve 3 případech se jednalo o úrazovou změnu bezprostředně související s bodnořezným poraněním (přerušení krční páteře, bodné poranění hlavy – viz obr. 5.15 a 5.16), v 1 případě byla zjištěna zlomenina těla 2. bederního obratle, která souvisela s posmrtnou manipulací s tělem. Všechny na pmCT zjištěné úrazové změny na skeletu byly popsány v pitevním protokolu, vč. jejich vitality (viz výše popsaná nevitální zlomenina 2. bederního obratle). Nebyla zaznamenána žádná úrazová změna na skeletu, která by byla zjištěna pitvou a nezjištěna pmCT vyšetřením.



**Obr. 5.15** Poranění krční páteře (3D rekonstrukce)



**Obr. 5.16** Poranění krční páteře (koronární řez)

## PŘÍTOMNOST ČÁSTI ZRAŇUJÍCÍHO PŘEDMĚTU

Na žádném ze 13 hodnocených výstupů z pmCT vyšetření nebyl zachycen zraňující předmět či jeho část v ráně. Obdobně nebyl tento nález zaznamenán v žádném případě ani při pitvě.

### 5.5 Diskuze

Dokumentace bodnořezných poranění spočívá při konvenčně prováděné pitvě v nákresech rozložení úrazových změn na těle poškozeného do šablon, popisu poranění v pitevním protokolu, důkladné fotodokumentaci a preparaci bodného kanálu po vrstvách s cílem ozřejmit jeho průběh a zasažené struktury. Z historického hlediska je možné dále zmínit znázorňování bodných kanálů za pomoci jehlic či sond na pomocné figuríně s následnou celkovou fotodokumentací figuríny. Tato metoda je však v současné době poněkud obsolentní, ačkoliv názornost směru působícího násilí je v případě této vizualizace nesporná. Za jedinou zcela objektivní metodu dokumentace bodnořezných poranění z výše uvedených lze považovat pečlivou fotodokumentaci všech zjištěných úrazových změn. Avšak i tato metoda může vést k nejednoznačnému nazírání na úrazové změny, a to zejména v případech mnohočetných bodnořezných poranění, kdy není možné v hledáčku fotoaparátu pojmout komplex utrpených poranění souhrnně a bodnořezná poranění jsou tak zachycována odděleně a konsekutivně na sérii detailních fotografií.

Oproti tomu nákras poranění do šablon a jejich slovní popis v pitevním protokolu je o něco méně objektivní, závislý na zkušenostech pitvajícího lékaře, na jeho vyjadřovacích, případně výtvarných schopnostech, a do jisté míry také na jeho subjektivním nazírání na danou úrazovou změnu (popis barvy, tvaru, směru aj.). Přesto, že v jednotlivých detailech týkajících se popisu poranění se jednotliví soudní lékaři mohou lišit, měly by být výstupy a závěry z provedené pitvy shodné. Detailní, exaktní a objektivně revidovatelný popis rozsahu, velikosti, charakteru, lokalizace, směru, počtu a vzhledu poranění je pak zcela zásadní pro znalecké posuzování.

Vzhledem k v úvodu uvedené forenzní závažnosti bodnořezných poranění je požadavek na objektivizaci zaznamenávání bodnořezných poranění v soudnělékařské praxi nezbytný a adekvátní jejich forenznímu významu. V ČR bylo v roce 2018 spácháno celkem 116 vražd (tento počet během posledních deseti let neustále klesá).<sup>7</sup> Konkrétní údaj, kolik vražd bylo spácháno bodnořezným mechanismem není ve statistikách Českého statistického úřadu

---

<sup>7</sup> Zdroj ČSÚ (informace dostupné na [https://www.czso.cz/csu/czso/cr\\_od\\_roku\\_1989\\_vrazdy](https://www.czso.cz/csu/czso/cr_od_roku_1989_vrazdy)).

(ČSÚ), ani v Národním registru pitev a toxikologických vyšetření (NRPATV), ani ve statistikách Policie ČR veřejně dohledatelný. V dílčích statistikách zveřejňovaných např. jednotlivými Krajskými ředitelstvími PČR tvoří bodnořezný mechanismus více jak 50 % vražd.<sup>8</sup> Dle dlouhodobých historických statistik ÚSL v Hradci Králové, jsou bodnořezná poranění třetím nejčastějším způsobem spáchání vraždy v královéhradeckém regionu, resp. v bývalém Východočeském kraji, a to po tupých a střelných poraněních. Bodnořezná poranění lze na základě uvedených údajů relevantně považovat za jeden z nejčastějších mechanismů páčání vraždy v naší zemi. Tyto forenzně nejzávažnější případy hodnocené v soudnělékařské praxi by proto měly být vždy posuzovány s důrazem na co nejvyšší míru objektivitu, jednoznačnosti a nezpochybnitelnosti při soudním řízení, které značnou část těchto případů zakončuje, vč. možnosti objektivní revize znaleckých posudků u forenzně komplikovaných kauz.

Právě zobrazovací metody představují nástroj, jak zvýšit objektivitu soudnělékařského posuzování forenzně významných případů. Pokud je možné jakoukoliv zobrazovací technikou zaznamenat veškerá zjištěná poranění, je také možnost všechny zjištěné úrazové změny znovu přezkoumat v jejich sice digitalizované, avšak původní a nezměněné podobě, v čemž získávají zobrazovací metody významnou výhodu oproti klasické pitvě, jejíž provedení je vždy jedinečné, neopakovatelné a nenahraditelné. V případě, že nejsou zjištěné pitevní nálezy pečlivě fotograficky zadokumentovány, není možné její výstupy již nikdy objektivně přezkoumat. V té souvislosti je nutné upozornit, že postup pitvy a rozsah dokumentace u bodnořezných poranění v soudnělékařské praxi není doposud (stav v roce 2020) upraven žádným doporučeným postupem. Standardní postup pitvy u těchto případů však zčásti upravují odborné učebnice soudního lékařství a současně se aktuálně (podzim 2020) na úrovni odborné společnosti (Česká společnost soudního lékařství a soudní toxikologie – ČSSLaST ČLS JEP) pracuje na vyšších doporučených postupech (guidelines), které by konkretizovaly standardní postup pitvy u bodnořezného poranění.

Možnost komplexní revize závěrů ve znaleckém posuzování, a obecně v soudnělékařské praxi, tvoří základní předpoklad objektivy nejen jednotlivých znalců a jednotlivých soudních lékařů, ale též celého oboru. Jednoznačnost, nezpochybnitelnost a přesvědčivost znaleckých posudků lze zprostředkovat alespoň do jisté míry objektivizací zjištěných nálezů ve formě názorné dokumentace za pomoci výstupů vzájemně se doplňujících objektivních

---

<sup>8</sup> Zdroj KŘP Moravskoslezského kraje (informace dostupné na <https://www.policie.cz/clanek/informace-k-vrazdam-za-rok-2009.aspx>).



zobrazovacích metod. Mimo tradiční metody dokumentace jednotlivých zjištěných úrazových změn klasickou fotografií je možné komplex poranění kůže ve svých prostorových a anatomických souvztažnostech zmapovat komplexně za pomoci fotogrammetrie (Urbanová et al. 2015), jejich vnitřní souvislosti potom především za pomoci pmCT a angio-pmCT (Ruder et al. 2011, Palmiere et al. 2012, Moskała et al. 2012, Grabbher et al. 2018, Savall et al. 2015). V rámci znaleckého posuzování pak může opora v obrazové dokumentaci a její robustní přesvědčivost a názornost sehrát zásadní roli při soudním řízení a obhajobě znaleckého posudku.

PmCT vyšetření je metoda umožňující u bodnořezných poranění kompletní zobrazení kožního krytu. Toto zobrazení však není ideální. Nedosahuje kvality běžné fotografie z hlediska rozlišení detailů a barevnosti, ani kvality fotogrammetrie z hlediska detailního rozlišení struktury povrchu těla. Přesto umožňuje vizualizaci zjištěných poranění, vč. názorného ozřejmění jejich anatomicko-topografické souvztažnosti vzhledem k dalším úrazovým změnám, jak kožního krytu, tak vnitřních struktur. Nadto nabízí možnost měření velikosti, hloubky a vzájemné vzdálenosti zjištěných defektů kožního krytu. Přesto, že grafická kvalita těchto výstupů za klasickou fotografií zaostává, představuje znázornění anatomických souvislostí nejen na povrchu těla, ale především pak vztah poraněných povrchových a hlubokých struktur společně s možností měření reálných vzdáleností a rozměrů jednoznačnou a významnou přednost oproti klasické fotografii (viz obr. 5.17, 5.18 a 5.19).



**Obr. 5.17, 5.18, 5.19** Měření hloubky bodného kanálu a zobrazení anatomicko-topografických souvislostí s hlubokými strukturami krku

Mimo zobrazení defektů kožního krytu přináší provedení pmCT vyšetření u bodnořezných poranění výhodu znázornění vnitřních úrazových změn, které mohou již před začátkem pitvy poukázat na možnou příčinu smrti, ozřejmit nálezy standardně prováděnou pitvou obtížně

zobrazitelné a navigovat tak soudního lékaře k modifikaci pitevního postupu. Mezi tyto nálezy lze zařadit přítomnost volné tekutiny v tělních dutinách (u bodnořezných poranění se jedná nejčastěji o krev – hemothorax, či hemoperitoneum – jichž denzita je odlišná od jiných tělních tekutin), přítomnost vzduchu v měkkých tkáních či tělních dutinách (podkožní emfyzém, pneumothorax, pneumoperitoneum, pneumokranium), vč. průkazu vzduchové embolie a průkaz zalomených částí zraňujícího předmětu v průběhu bodného kanálu. V neposlední řadě je třeba zdůraznit, že při ztrátě, znehodnocení či nepořízení fotografií z pitvy s bodnořezným poraněním mohou být pmCT výstupy jediným objektivně revidovatelným nálezem z provedené pitvy.

### **5.5.1 Přítomnost tekutiny v tělních dutinách**

Soudnělékařská diferenciální diagnostika přítomnosti tekutiny v tělních dutinách na zobrazovacím vyšetření (na RTG snímku či pmCT obraze) zaujímá širokou škálu chorobných i úrazových změn. Základními druhy tělních tekutin v pohrudničních dutinách i dutině břišní jsou výpotky u chronických chorob – transsudát (např. při městnavém srdeční selhávání, cirhóze jater aj.), akutní zánětlivé výpotky u zánětlivých onemocnění pleury, plic či pobřišnice (charakteru exsudátu až hnisavé tekutiny – kupř. pyothorax), nádorové výpotky, zakrvácení dutiny (hemothorax, hemoperitoneum) u chorobných stavů (kupř. disekce aorty) či úrazových stavů (traumatická ruptura aorty, ruptura sleziny aj.) a jejich kombinace. Přítomnost volné tekutiny v dutině hrudní je na pmCT na transversálních řezech snadno diagnostikovatelná jako hladina tekutiny v zadních partiích pohrudniční dutiny (při poloze těla na zádech), navíc je částečně možný odhad jejího množství (1/3 předozadní hloubky hrudníku odpovídá cca 0,5–1 litru, 1/2 předozadní hloubky hrudníku odpovídá cca 1–2 litrům). Oproti tomu hodnocení přítomnosti tekutiny v dutině břišní je komplikovanější, a to zejména při malém objemu tekutiny, a hodnocení jejího celkového objemu je pouze hrubě orientační.

V případě bodnořezných poranění je nejčastější tekutinou v pohrudničních dutinách i dutině břišní krev. V případě pochybností o charakteru přítomné tekutiny je možné na základě změření její denzity s poměrně vysokou jistotou odlišit zakrvácení dutiny od přítomnosti tekutiny jiného charakteru (např. výpotku) a vyjádřit se k možné příčině smrti (vnitřní vykrvácení) ještě před započatou pitvou (viz tab. 5). Zásadou by však v případě hodnocení nálezů na pmCT u bodnořezných poranění mělo být jejich nezbytné posuzování v kontextu s nálezy zevními, zejména typem, počtem a anatomickou lokalizací bodnořezných poranění.

TEKUTINA		HU
krev	tekutá	+13 až + 50 HU
	sražená	+50 až +75 HU
výpotek	transsudát	+2 až +15 HU
	exsudát	+4 až +33 HU

**Tab. 5** *Odlišná denzita různých typů tekutin v tělních dutinách (Fosbinder et al 2011, Çullu et al. 2014)*

Zatímco diagnostika přítomnosti tekutinových kolekcí – v případě bodnořezných poranění především krve – v tělních dutinách je na pmCT poměrně snadná, představuje detekce zdroje krvácení na nativním pmCT výrazně obtížnější úkol. Možnost diferenciací konkrétního cévního kmene je téměř nemožná, vyjma hrubých úrazových změn charakteru hlubokých bodných kanálů, které pronikají např. do srdečních oddílů či do hloubky parenchymových orgánů. Pro detekci zdroje krvácení je doporučeno provádět postmortální angiografické vyšetření výpočetní tomografií (pmCTA) a nezbytné je následné provedení konvenční pitvy (Palmiere et al. 2012, Moskała et al. 2012, Savall et al. 2015). Grabherr a kol. (2018) upozorňují na zvýšení senzitivity pro detekci patologických nálezů na pmCT v případě využití postmortální CT angiografie o 17 % (z 64 % u pmCT na 81 % u pmCTA), což je senzitivita srovnatelná s konvenční pitvou.

### 5.5.2 Přítomnost vzduchu v měkkých tkáních a tělních dutinách

Proniknutí vzduchu zevně do měkkých tkání v průběhu bodného či bodnořezného kanálu je poměrně častý nález u bodnořezných poranění. Při pitvě lze tento nález ozřejmit jako hmatné krepitace vzduchových bublin v podkoží (podkožní emfyzém) či v měkkých tkáních v průběhu bodného kanálu, avšak pro vlastní morfologickou charakteristiku bodnořezných poranění není tento nález příliš podstatný. Významnější roli může hrát v případě pronikajícího (otevřeného) poranění pohrudniční dutiny vznik pneumothoraxu s kolapsem jedné nebo obou plic, a především tenzní pneumothorax pak může společně s krevní ztrátou participovat

na vlastní příčině smrti. Vznik pneumothoraxu může dále modifikovat průběh bodného kanálu a zkomplikovat tak vlastní pitvu (Ruder et al. 2011).

Proniknutí vzduchu do měkkých tkání však představuje diagnosticky podstatný nález pro pmCT zobrazení bodného či bodnořezného kanálu. Vzhledem ke kolapsu měkkých tkání v okolí bodného kanálu je jeho zřetelné zobrazení v měkkých tkáních na pmCT téměř nemožné, a právě pronikající bubliny vzduchu toto zobrazení umožní. Jinou možností kvalitnějšího zobrazení bodného kanálu by mohl poskytovat nástřík jeho průběhu kontrastním médiem. Přesto, že tato metoda je k vizualizaci bodných či střelných kanálů využívána v klinické medicíně (Inokuchi et al. 2019), je její využití v post-mortem diagnostice na soudnělékařských pracovištích neobvyklé a kontrastní médium se využívá spíše k postmortální angiografii ke zjištění zdroje krvácení (Palmiere et al. 2012, Moskala et al. 2012, Savall et al. 2015). Z limitací této metody, zaznamenaných v rámci této studie při jednom pokusném nástřiku ranného kanálu, lze zmínit nekvalitní zobrazení okrajů kanálu v důsledku „vylití“ či prostoupení kontrastní látky mimo průběh kanálu, které patrně souvisí s postmortálními změnami tkání (viz obr. 6.12). Nativní pmCT umožňuje zobrazit bodný kanál sice v nižší kvalitě, ale bez artefaktů, a to jako drobné řetízkovitě se řadící bublinky plynu prostupující měkké tkáně (viz obr. 5.7 a 5.8). Nález tak ještě před započítáním pitvy poskytuje přehlednou informaci o směru působícího násilí, hloubce poranění a zasažených vnitřních strukturách, navíc není porušen injekcí kontrastní látky. Limitací je obtížná diferenciací více vedle sebe uložených či větvičích se bodných kanálů a zhodnocení vitality poranění. V případě proniknutí bodného nástroje do tělních dutin se vznikem pneumothoraxu, pneumokrania či pneumoperitonea je průkaz těchto, z hlediska pitevní diagnostiky, obtížně diagnostikovatelných jednotek jednoznačný a prakticky nezaměnitelný.

### **5.5.3 Vzduchová (plynová) embolie**

Vzduchová (plynová) embolie je definována nasátím a vmetením vzduchu (či jakéhokoliv plynu) v případě žilní vzduchové embolie do pravostranných srdečních oddílů a plicních tepen s jejich mechanickou obstrukcí a následným akutním pravostranným srdečním selháním, v případě tepenné vzduchové embolie vmetením vzduchu do periferních či orgánových tepen s ischemizací orgánů a tkání. Mechanismem vzniku vzduchové embolie je průnik vzduchu (nejčastěji z vnějšího prostředí), do cévního řečiště v důsledku jeho otevřené komunikace s vnějším prostředím. V případě častější žilní plynové (vzduchové) embolie putuje vzduchová bublina žilním řečištěm až do pravé síně, pravé komory a plicních tepen,

kde dojde při jejich postupně se zmenšujícím průsvitu k jejich uzavěru touto vzduchovou bublinou. Základním předpokladem je komunikace nízkotlakého žilního řečiště (typicky krčních žil) se zevním prostředím (vzduchem). V soudnělékařské praxi je tato komunikace nejčastěji zprostředkována bodnořezným poraněním krku, hlavy, či horních končetin. Ve vzácném případě tepenné plynové embolie dochází k průniku vzduchu do tepenného řečiště s následnou periferní embolizací (končetinová, orgánová). Tepenná plynová embolie je u bodnořezných poranění vzácnější, její vznik je možný v důsledku otevřeného poranění tepenného řečiště, častější je však její vznik ve formě paradoxní embolizace z pravostranných srdečních oddílů při *foramen ovale persistens*.

Při klasické pitvě se průkaz vzduchové embolie omezuje na průkaz přítomnosti vzduchu v srdečních oddílech (obvykle oboustranně z důvodu možného přestupu vzduchu perzistujícím *foramen ovale* či jinými vrozenými srdečními vadami s pravolevým zkratem). Mechanická zkouška na vzduchovou embolii spočívá v rozstřížení perikardu *in situ*, nalití tekutiny do perikardiálního vaku s úplným ponořením srdce a následným otevřením (rozstřížením, rozříznutím či nabodnutím) pravostranných i levostranných srdečních oddílů pod hladinou tekutiny s pozorováním úniku bublin (= pozitivní výsledek). Celá zkouška by měla být prvotním úkonem pitvy ještě před otevřením žilního řečiště kdekoli jinde (zejména před pitvou hlavy). Vzhledem k technické náročnosti této zkoušky s možným vznikem artefaktů a nemožností nález dokumentovat (vyjma natočení videozáznamu z provedené pitevní zkoušky na vzduchovou embolii), je diagnostika za pomoci pmCT poměrně jednoduchou, objektivní a elegantní metodou. Přítomnost plynu v srdečních oddílech je snadno rozpoznatelná, nezaměnitelná a zadokumentovaný nález je v čase neměnný, nezhodnotitelný a kdykoliv revidovatelný, na rozdíl od zkoušky na vzduchovou embolii během pitvy, kterou nelze nikdy vícekrát zopakovat. Diferenciace mezi přítomností plynu v pravostranných či levostranných srdečních oddílech je snadná a taktéž jednoznačná. PmCT na rozdíl o klasické pitvy dále umožňuje hodnocení přítomnosti vzduchu v cévách (zejména v žilách krku a mezihrudí při bodnořezném poranění hlavy a krku), což je nález, který lze považovat za předstupeň vzduchové embolie či jako „nedokončenou“ či ne plně vyjádřenou vzduchovou embolii.

Problematickým nálezem, který výrazně omezuje hodnocení plynové embolie na pmCT, je rozvoj hnilobných změn s tvorbou hnilobných plynů a jejich akumulace v srdečních oddílech. V případě pochybností v diagnostice plynové embolie vs. hnilobných změn se lze orientovat stupněm prostoupení dalších měkkých tkání hnilobnými plyny, zejména pak jaterního cévního

řečiště, kde je přítomnost plynu u těl s rozvíjejícími se hnilobnými změnami nalézána vždy. V případě rozvíjejících se hnilobných změn celého těla s prostoupením řady vnitřních orgánů hnilobnými plyny nelze přítomnost vzduchu (plynu) v srdečních oddílech hodnotit jako pozitivní zkoušku na plynovou embolii z důvodu možné falešné positivity. Diagnostický průlom v diferenciaci vzduchové embolie a akumulace hnilobných plynů v srdečních oddílech by mohlo přinést využití aspirometrie s následnou analýzou jímaných plynů (Kovařík et al. 2019).

## 5.6 Závěr

Využití pmCT v případě bodnořezného poranění je vhodné a výhodné, s výhradou nutnosti současné dokumentace poranění kožního krytu za pomoci jiné, kvalitnější zobrazovací metody (běžné fotografie, ev. fotogrammetrie). Výpovědní hodnota kombinace těchto dvou zobrazovacích metod (fotografie + pmCT) je poté u bodnořezných poranění maximální. Zjištěné úrazové změny jsou díky této kombinaci zobrazeny prakticky kompletně, komplexně a s vysokou mírou objektivity a dovolují v případě potřeby objektivní revizi.

Základní obecnou limitací pmCT vyšetření je nedostatečná citlivost a rozlišovací schopnost v zobrazování měkkých tkání. Vzhledem ke skutečnosti, že bodnořezná poranění jsou charakteristická především poraněním právě měkkých tkání, představuje použití pmCT na první pohled ne zcela dokonalou a poněkud omezenou zobrazovací metodu pro poranění měkkých tkání. Nejvýraznější limitací je nedostatečné zobrazení úrazových změn kožního krytu (povrchové řezné rány, vbod, výbod), jejichž morfologický vzhled je ze soudnělékařského hlediska pro posouzení celého případu zásadní. Právě dle jejich anatomické lokalizace, orientace, směru, četnosti a charakteristické morfologie rány i jejího okolí, lze usuzovat na sebevražedný nebo vražedný nebo náhodný mechanismus vzniku. Do budoucna by tyto limity mělo prolomit využití MRI k zobrazování poranění měkkých tkání, zejména pak ve formě postmortální magnetické rezonance s angiografií (Fais et al. 2016).

Převaha pmCT nad klasickou pitvou je zřejmá v diagnostice průniku vzduchu do tělních dutin (pneumothorax, pneumokranium, pneumoperitoneum) a měkkých tkání (podkožní emfyzém), v diagnostice vzduchové embolie, zakrvácení dutin a do jisté míry i v zobrazení bodného kanálu (v případě, že je lemován proniknuvšími bublinkami vzduchu do měkkých tkání), zejména s ohledem na možnost zobrazení topografických souvislostí, které jsou při klasické pitvě metodou „po vrstvách“ narušeny. V neposlední řadě je třeba vyzdvihnout kvalitní

zobrazení poškození kostěných struktur na pmCT, které může být u bodnořezných poranění ve formě nářezů na periostu kostí, případně jako část bodného kanálu pronikající plochou kostí. Další typickou oblastí, kde CT zobrazování dominuje, je zobrazení cizích předmětů v ráně či jejím kanálu, zejména pak předmětů metalických. V případě bodnořezných poranění je možné již před pitvou zobrazit v průběhu bodného kanálu či v řezné ráně zalomené části použitého bodného či řezného nástroje, jejichž nalezení nemusí být při vlastní revizi řezné rány či bodného kanálu vždy snadné (např. z důvodu velké hloubky rány, vyplnění rány krevními koaguly, znečištění rány, vzácně při embolizaci zalomené části).

Analýza pmCT snímků u 13 případů těl s bodnořezným poraněním poskytla bazální studijní materiál, po jehož hodnocení bylo možné navrhnout doporučenou metodiku vyšetřování bodnořezných poranění výpočetní tomografií na soudnělékařském pracovišti. Doporučený postup pmCT vyšetření u bodnořezných poranění shrnuje tab. 6.

POSTUP pmCT VYŠETŘENÍ	DOPORUČENÉ ZOBRAZENÍ	HODNOCENÉ NÁLEZY
<p>tělo v poloze na zádech</p> <p>pmCT hlavy a trupu (vždy)</p> <p>kompletní pmCT horních i dolních končetin v případě jejich poranění</p>	transverzální řezy hlavou, krkem, trupem, ev. končetinami	<ul style="list-style-type: none"> <li>• defekty kůže</li> <li>• bodný (bodnořezný) kanál</li> <li>• vzduchová embolie v cévách</li> <li>• vzduchová embolie v srdečních oddílech</li> <li>• průnik vzduchu do dutin</li> <li>• zakrvácení dutin</li> <li>• známky aspirace</li> </ul>
	rekonstrukce povrchu těla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• defekty kůže (vč. obránných poranění)</li> </ul>
	rekonstrukce cílená na kovové materiály	<ul style="list-style-type: none"> <li>• přítomnost zraňujícího předmětu či jeho části</li> </ul>
	rekonstrukce kostry	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poranění kostěných struktur</li> </ul>

**Tab. 6** Navrhovaný doporučený postup pro pmCT vyšetření u bodnořezných poranění.



---

## 6. STŘELNÁ PORANĚNÍ

---

### *Benefity pmCT vyšetření v soudnělékařském hodnocení střelných poranění*

...  
„Což střelná rána do srdce,  
což na tom, hned-li zajdu!  
Leč – vím, že v srdci zhynulém  
též Tebe mrtvu najdu.

Což o bolestný okamžik  
a o tu cestu temnou!  
leč — ze srdce mně nemůžeš  
a musila bys se mnou!“

...  
J. Neruda: Povědky malostranské – Týden v tichém domě

#### 6.1 Úvod do soudnělékařské diagnostiky střelných poranění

Střelná poranění se řadí mezi poranění způsobená výstřelem ze střelné (palné zbraně). Střelná zbraň je zařízení, které okamžitým uvolněním energie uvede do pohybu střelu (Hirt et al. 2015a). Definice střelné a palné zbraně v českém právním řádu říká, že střelná zbraň je zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění energie při výstřelu, zkonstruovaná pro požadovaný účinek na definovanou vzdálenost. Palná zbraň je střelná zbraň, u které je funkce odvozena od okamžitého uvolnění chemické energie.<sup>9</sup> Existují tři hlavní kategorie palných zbraní: těžké, lehké a ruční, které jsou pro civilní medicínu nejvýznamnější. Velké množství typů ručních palných zbraní (krátké, dlouhé, malorážkové, vysokorychlostní, brokové, historické, expanzní, plynové, mechanické, podomácku vyrobené či upravené aj.) a současně i velké množství druhů střeliva (jednotné střely různých ráží, hromadné střely, nábojky aj.), předurčuje na základě konkrétní kombinace typu použité zbraně a druhu střeliva morfologický vzhled střelného poranění. Detailně se ranivým účinkem střel zabývá obor ranivá balistika (Juříček et al. 2017).

I přes řadu typů střelných zbraní a četné druhy střeliva, z jejichž kombinace vyplývá kinetická energie letící střely a účinnost střely, které zodpovídají za ranivý efekt (Hirt et al. 2015a), je v soudnělékařském hodnocení všech střelných poranění zásadní posouzení, zdali se jednalo o střelbu z absolutní blízkosti (bezprostřední kontakt čelové části zbraně s povrchem těla), střelbu z relativní blízkosti (v dosahu doplňkových faktorů střelby) nebo o střelbu

---

<sup>9</sup> Příloha č. 1 k zákonu č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu.

ze vzdálenosti (mimo dosah doplňkových faktorů střelby) (Šafr & Hejna 2010b, Serraino et al. 2020). Posouzení vzdálenosti střelby, společně se směrem a průběhem střelného kanálu, je stěžejní pro hodnocení mechanismu a způsobu vzniku střelného poranění a je interpretováno (typicky ve znaleckém posudku) orgánům činným v trestním řízení, v jejichž kompetenci je zařazení případu do jedné z kategorií sebevraždy / vraždy / náhoda se všemi následnými forenzními konsekvencemi. Odhad vzdálenosti střelby je založen na typických morfologických nálezech především v oblasti vstřelového defektu a jeho okolí. Určení směru střelby je závislé na komparaci morfologie vstřelového (vstřelových) a výstřelového (výstřelových) defektů společně se zhodnocením průběhu střelného kanálu.

Pro vstřel u střelného poranění z absolutní blízkosti je charakteristická přítomnost následujících morfologických nálezů (Šafr & Hejna 2010b, Serraino et al. 2020); viz obr. 6.1 a 6.2:

1. minus efekt tkáně<sup>10</sup>,
2. lem odření (= lem kontuze, lem zaschnutí) a lem znečištění,
3. otisk čelové části zbraně,
4. kouřová (plynová) dutina,
5. lacerace okolí vstřelového defektu (cípaté roztržení vstřelu),
6. podkožní krevní výron v okolí,
7. periostální známka (oddělení periostu od zevní desky a depozice sazí na jeho spodní straně) (Faller-Marquardt et al. 2004).

Míra vyjádření výše jmenovaných vnějších i vnitřních morfologických známek vstřelového defektu u střelného poranění z absolutní blízkosti závisí na typu zbraně, konstrukčním uspořádání čelové části zbraně, anatomické lokalitě (s kostěným podkladem či nikoliv) vstřelu a na úplném (těsném), volném, neúplném či úhlovém kontaktu hlavně s povrchem těla (Šafr & Hejna 2010b). PmCT nález v oblasti vstřelu z absolutní blízkosti se opírá o „expanzní poranění kůže spalnými plyny“ (Makhlouf et al. 2013), které je relevantní s nálezem minus efektu, cípatého roztržení kůže a kouřové dutiny.

Pro vstřel u střelného poranění z relativní blízkosti (v dosahu doplňkových faktorů střelby) je charakteristická přítomnost následujících morfologických nálezů (Šafr & Hejna 2010b, Serraino et al. 2020):

1. minus efekt tkáně,

---

<sup>10</sup> Některými autory je preferovaný synonymický termín „minus defekt tkáně“.

2. lem odření (= lem kontuze, lem zaschnutí) a lem znečištění,
3. lem očazení (= lem zakouření),
4. lem prachových zrn (= lem prachové tetováže).

PmCT zobrazení vstřelu u střelby z relativní blízkosti může být doprovázeno nálezem denzního materiálu na kůži (residua střelby = prachová tetováž) v okolí vstřelu, avšak je třeba vyloučit možnou kontaminaci představenou překážkou či jiným denzním materiálem ulpívajícím na povrchu těla v okolí vstřelu (Makhlouf et al. 2013).

Pro vstřel u střelného poranění ze vzdálenosti (mimo dosah doplňkových faktorů střelby) je charakteristická přítomnost následujících morfologických nálezů (Šafr & Hejna 2010b, Serraino et al. 2020):

1. minus efekt tkáně,
2. lem odření (= lem kontuze, lem zaschnutí) a lem znečištění,
3. absence lemu očazení (= lemu zakouření) a lemu prachových zrn (= lemu prachové tetováže).

PmCT zobrazení vstřelu u střelby ze vzdálenosti nenese žádnou charakteristickou markantu, která by byla výlučná pouze pro tento typ střelného poranění (Makhlouf et al. 2013).

Základním předpokladem soudnělékařského hodnocení střelných poranění je diferenciací vstřelu a výstřelu. Toto rozlišení je v případě střelby z absolutní blízkosti a z relativní blízkosti povětšinou snazší než v případě střelby ze vzdálenosti.

Pro výstřelový defekt je typické (Šafr & Hejna 2010c, Serraino et al. 2020):

1. nepřítomnost lemu odření (s výhradou specifických situací, kdy je kůže výstřelového defektu v kontaktu s pevnou podložkou či překážkou – tzv. *shored exit wounds*) a lemu znečištění,
2. nepřítomnost lemu očazení (= lemu zakouření) a lemu prachových zrn (= lemu prachové tetováže) – ve výjimečných situacích při střelbě z absolutní blízkosti a krátkém střelném kanálu lze však ve výstřelovém defektu identifikovat prachová zrna,
3. absence minus efektu tkáně (okraje lze k sobě přiložit a volně adaptovat),
4. morfologický vzhled může být cirkulárně pravidelný, s diskrétní lacerací až nepravidelný se ztrátovou lacerací,
5. everze okrajů,
6. mikrotrhliny okrajů,
7. výhřez měkkých tkání,

## 8. krevní výron v okolí.

Výše popsané charakteristiky výstřelu jsou typické pro krátké palné zbraně nabíjené konvenčním střelivem. Morfologické nálezy se mohou značně odlišovat při použití kupř. vojenské nebo lovecké vysokorychlostní munice, kde je naopak v důsledku odlišných balistických vlastností možný vznik širokého výstřelového defektu s rozsáhlým minus efektem (Šafr & Hejna 2010c, Malachovský et al. 2011).

Mimo charakteristické nálezy na kůži, které diferencují vstřel a výstřel, je v případě zástřelu i průstřelu významný nález na poraněných kostěných strukturách, v případě, že jimi střelný kanál prochází. Nejvýznamnější je nález na zevní a vnitřní desce ploché kosti (typicky plochých kostech klenby lebni).

V místě vstřelu je typicky nalézán:

1. beveling<sup>11</sup> vnitřní desky ploché kosti
2. periostální známka (oddělení periostu od zevní desky a depozice sazí na jeho spodní straně) (Faller-Marquardt et al. 2004).

V místě výstřelu je typicky nalézán:

1. beveling zevní desky ploché kosti
2. periostální známka (oddělení periostu od vnitřní desky a depozice sazí na jeho spodní straně) (Faller-Marquardt et al. 2004).

Morfologický obraz však může být modifikován řadou atypických nálezů: v případě dopadu střely pod jiným než pravým úhlem, zpravidla pod velmi ostrým úhlem, je možné někdy pozorovat tzv. efekt klíčové dírky (tzv. *key hole* fenomén), při kterém je v oblasti vstřelu beveling vnitřní desky doplněn bevelingem vnější desky (Šafr & Hejna 2010b, Bhoopat 1994). V těchto případech vykazuje nález na kosti jak charakteristiky vstřelu, tak charakteristiky výstřelu (Bonaccorso et al. 2014). Soudnělékařské hodnocení směru střelby je tak značně ztíženo a vyžaduje komplexní posouzení všech dalších morfologických nálezů a okolností na místě. V případě zástřelu do dutiny lebni může dojít k odrazu (tzv. rikošetu) střely od vnitřní desky v místě protilehlém vstřelu a jejímu odskočení či ke sklouznutí střely (tzv. *carom*). Na vnitřní desce protilehlé kosti lze pak pozorovat drobný nepronikající defekt

---

<sup>11</sup> Beveling: fenomén trychtýřovitého zkosení střelného defektu ploché kosti (synonymicky Hopkinsonova výtrž). Průměr defektu ploché kosti v místě vstupu střely je menší než v místě jejího výstupu. Beveling (nejenom) plochých kostí dovoluje stanovit směr střelby. Tvar trychtýře je víceméně identický s grafickým vyjádřením součtu vektorů sil působících na kost. Analogický tvar mají průstřely i jinými denzními hmotami, např. sklem, keramikou, dřevem apod. (Hirt et al. 2018).

různého morfologického vzhledu (Šafr & Hejna 2010d). Střela se v případě rikošetu či *caromu* nenachází na konci střelného kanálu, ale je odražena či sesunuta do jiné anatomické lokality. Na pmCT snímcích může být právě díky atypickému pohybu střely modifikováno zobrazení střelného kanálu (Makhlouf et al. 2013). V praxi poměrně vzácnou, a z hlediska soudnělékařského hodnocení směru a vzdálenosti střelby složitou situací, je vícenásobná střelba. Pořadí střel lze určit sledováním průběhu lomných linií na klenbě lebni, ev. sledováním průběhu poranění na vnitřní orgánech na základě tzv. Puppeho pravidla (Šafr & Hejna 2010d).

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že použití zobrazovacího vyšetření v soudnělékařské diagnostice střelných poranění tvoří významný komplementární diagnostický prostředek k vlastní pitvě a indikace zobrazovacího vyšetření před pitvou by měla být absolutní v případě zástřelu i průstřelu (Serraino et al. 2020, Brogdon & Messmer 2011). Základním a na většině soudnělékařských pracovišť dobře dostupným zobrazovacím vyšetřením je RTG snímkování, které by mělo být v případě střelných poranění prováděno vždy minimálně ve dvou projekcích – předozadní a boční (Kučerová et al. 2014).

RTG vyšetření u střelných poranění dominuje v zobrazení cizích těles (střel) a morfologických nálezů na kostěných strukturách. Poskytne informaci o přítomnosti, případně celkovém počtu střel v těle, který nemusí být zejména u vícenásobné střelby na základě zevní prohlídky primárně zřejmý, případně zobrazí střely či jiné kovové předměty zachycené v oděvu. Dále umožní základní odhad kalibru střel (vč. jejich shody či neshody) při vícenásobném zástřelu, a poskytne tak i informaci o počtu použitých zbraní. V neposlední řadě ozřejmí anatomickou lokalizaci střely či střel, vč. případného rikošetu a usnadní tak její vyjmutí při pitvě bez nutnosti časově náročného hledání „na slepo“ (Brogdon & Messmer 2011, Kučerová et al. 2014). Dále toto vyšetření umožní určit tvar a stupeň deformace střely, odhadnout její velikost, zobrazit její fragmenty v průběhu střelného kanálu a odlišit je od sekundárních projektilů tvořených úlomky kostí. Ve velmi vzácných případech může též prokázat embolizaci střely. PmCT vyšetření nadto umožňuje hodnotit na základě změření denzity druh kovu či slitiny, ze kterého je střela vyrobena, což může napomoci související balistické expertíze. Ze soudnělékařského hlediska je zásadní zobrazení průběhu střelného kanálu s určením směru střelby, což může dopomoci objasnění vzájemného postavení útočníka a oběti (Brogdon & Messmer 2011, Straka et al. 2013). Významným soudnělékařským úkolem je určení vzdálenosti střelby, které je nezbytné pro zařazení případu do kategorie sebevraždy / vraždy / náhoda, které je však z pouhého pmCT zobrazení obvykle

složité. Serraino et al. (2020) upozorňují na přítomnost vzduchových bublin milimetrového průměru v podkoží v okolí vstřelu. Tyto vzduchové bubliny lze považovat za jediný zobrazitelný ekvivalent kouřové dutiny na pmCT, a tedy za známku střelby z absolutní blízkosti. Vzduchové bubliny však mohou být přítomny v případě nízkoenergetických střelných poranění i v okolí výstřelu, zde však dle Serraina et al. (2020) dominuje spíše přítomnost sekundárních kostěných projektilů a fragmentů střely s jejich možným vyhrěznutím z výstřelového otvoru. Zřejmě bývá kontinuální distribuce jak vzduchových bublin, tak sekundárních kostěných projektilů a fragmentů střel v průběhu střelného kanálu (Serraino et al. 2020, Makhoul et al. 2013). Jejich průběh tak odpovídá průběhu střelného kanálu, který lze ovšem na pmCT zobrazení snadno ozřejmit i lineárním propojením vstřelu a výstřelu (Makhoul et al. 2013). Vlastní vstřel a výstřel může být na měkkých tkáních zobrazen jako nepravidelný defekt kožního krytu či nepravidelnost povrchu kůže, avšak jeho kvalitní zobrazení nebývá na pmCT snímcích pravidlem (Serraino et al. 2020). Beveling je oproti tomu pro diferenciaci vstřelu a výstřelu určující. Typicky je velmi dobře patrný na plochých kostech (lebka, lopatka, pánev), kde nemusí být v případě nízké energie střely doprovázen mimo vlastní kruhový defekt kosti další zlomeninou. Na základě kinetické energie, směru a velikosti střely může být vstřelový i výstřelový kostěný defekt doprovázen jednoduchou šterbinovitou, radiální nebo tříštivou zlomeninou, a to jak při zasažení plochých, tak dlouhých i krátkých kostí. Charakter a směr vylomení úlomků pak obvykle i u všech typů kostí naznačuje směr působící energie, tj. směr letící střely, což může být významné u dlouhých a krátkých kostí, kde obvykle nedochází k typickému bevelingu jako u kostí plochých (Serraino et al. 2020).

V neposlední řadě je možné již před pitvou na základě pmCT ozřejmit další nálezy bezprostředně související s příčinou smrti, např. zakrvácení dutin, průnik vzduchu do dutin, průstřel životně důležitých orgánů aj. a nálezy na některých při pitvě obtížně zobrazitelných kostěných strukturách (např. zlomeniny obličejových kostí). Zasažení měkkých tkání s sebou obvykle nenese charakteristický obraz, který by významněji napomohl rozlišení vstřelu a výstřelu. V odborné literatuře je popisována hyperdenzita podkožní tukové tkáně z důvodu hemoragií či ztlustění stěny zasažených dutých orgánů při jejich prokrvácení; tyto nálezy však nejsou charakteristické ani pro vstřel ani pro výstřel. Jedinou významnou informaci tak může při průstřelu měkkými tkáněmi přinést průběh střelného kanálu charakteristický drobnými bublinkami plynu a přítomností sekundárních kostěných projektilů či fragmentů střely, a to

zejména jsou-li zasaženy parenchymatózní orgány, ev. homogenní měkké tkáně (Serraino et al. 2020).

V soudnělékařské praxi v ČR je doposud jako metoda volby u střelných poranění na soudnělékařských pracovištích využíván RTG přístroj, jehož obrazové výstupy jsou limitovány nedostatečným zobrazením měkkých tkání. Využití výpočetní tomografie je jako standardní součást provozu omezeno pouze na dvě soudnělékařská pracoviště (údaj z roku 2020), avšak řada dalších pracovišť využívá ve forenzně závažných kauzách CT přístroje dostupné na spolupracujících radiologických pracovištích v jejich zdravotnickém zařízení. Na tomto místě je třeba zdůraznit, že použití jakékoliv zobrazovací metody je v případě střelného poranění mnohonásobně přínosnější než u jiných diagnostických jednotek a využití „alespoň“ RTG přístroje je svou výpovědní hodnotou téměř ekvivalentní nativnímu pmCT vyšetření.

Jako limitace pmCT vyšetření je v případě střelných poranění uváděno podhodnocení počtu vstřelů či výstřelů u vícenásobných průstřelů, a to zejména pokud by bylo hodnocení střelných poranění omezeno pouze na pmCT výstupy (Serraino et al. 2020). Pro objektivní posouzení celého případu je zcela nezbytné provedení (minimálně) důkladné zevní prohlídky těla, avšak následné provedení klasické kompletní pitvy zůstává alespoň v české soudnělékařské praxi nutností.<sup>12</sup> Mezi limitace nativního pmCT dále patří obtížné či nejednoznačné určení zdroje krvácení v případě zasažení dutiny hrudní a břišní. Vlastní zakrvácení dutin je naopak na pmCT snímcích obvykle zobrazeno poměrně jednoznačně. V neposlední řadě je pak třeba zmínit možné limitace v hodnocení jak střelného kanálu, tak lokalizace střely (střel) v důsledku artefaktů při kraniofaciálním střelném poranění z důvodu přítomnosti kovových výplní zubů (Serraino et al. 2020).

## 6.2 Cíle

Cílem této části disertační práce bylo na základě analýzy souboru střelných poranění, u kterých bylo na pracovišti před pitvou provedeno pmCT vyšetření, vyhodnotit přínos výpočetní tomografie v soudnělékařské diagnostice střelných poranění, a to se zaměřením na **diferenciaci vstřelu a výstřelu** a na **odhad vzdálenosti střelby**.

Zásadním výstupem bylo na základě komplexního zhodnocení pmCT nálezů u střelných poranění **vymezení konkrétního spektra pmCT nálezů**, které jsou objektivně přínosné

---

<sup>12</sup> Zákonné úpravy v některých jiných evropských zemích dovolují provedení pmCT vyšetření jako alternativu klasické pitvy – např. v Německu, Spojeném království, Itálii (Kružić 2018).

v soudnělékařské diagnostice střelných poranění a návrh základní metodiky (optimálního postupu) vyšetřování těchto případů výpočetní tomografií.

### 6.3 Materiál a metodika

Do studie bylo zařazeno celkem 28 případů těl zemřelých osob se střelným poraněním, která byla pitvána na ÚSL HK v letech 2015–2019, a u kterých bylo před klasickou pitvou provedeno pmCT vyšetření. Těla byla skenována v poloze na zádech, v původním oděvu a zabalena do igelitového vaku. U těl bylo provedeno skenování hlavy, trupu a horní části dolních končetin. V případě, že byly makroskopicky zřejmé úrazové změny na dolních končetinách, bylo v průběhu CT vyšetřování provedeno i otočení těla o 180° a pořízeny základní transverzální řezy dolními končetinami vč. následných rekonstrukcí. Nálezy byly ihned po provedeném pmCT vyšetření (tj. před pitvou) demonstrovány radiologickým asistentem pitvajícím lékaři. Detailní popis pmCT do pitvného protokolu provedl pitvající lékař až po skončení pitvy. Pro potřeby studie byla všechna primární data znova vyhledána a nálezy opětovně odečítány.

Na pmCT byly hodnoceny následující morfologické nálezy:

- typ střelného poranění (zástřel, průstřel),
- morfologická charakteristika vzhledu defektu (defektů) kůže (minus efekt, cípaté roztržení, kouřová dutina, everze okrajů, příp. další významné nálezy na kůži) – hodnoceny na transverzálních řezech hlavou, krkem, trupem a končetinami a na rekonstrukci povrchu těla,
- morfologická charakteristika vzhledu defektu (defektů) na kosti v případě poranění kostěných struktur (beveling, průměr defektu v kosti, everze kostních úlomků) – hodnoceny na kostěných rekonstrukcích a transverzálních řezech hlavou, krkem, trupem a končetinami,
- pozitivita zobrazení střelného kanálu vč. určení směru (hodnocena přítomnost kostěných sekundárních projektilů, fragmentů střely, příp. bublin plynu),
- přítomnost střely (střel) či jejích fragmentů v těle, vč. měření její (jejich) denzity,
- nálezy související s příčinou smrti (zakrvácení dutin, průnik vzduchu do dutin, přítomnost vzduchové embolie, průstřel a poranění životně důležitých orgánů).

Ve všech případech byly jako součást prováděného pmCT vyšetření v den vyšetřování zhotoveny základní transverzální řezy hlavou, krkem a trupem a dále vytvořeny kostěné



rekonstrukce a rekonstrukce zobrazující povrch těla. Rekonstrukce povrchu těla byly dostupné ve všech případech a vždy zaujímaly všechny poraněné anatomické lokality.

## 6.4 Výsledky

Do studie bylo zařazeno celkem 28 případů těl zemřelých osob se střelným poraněním, 27 mužů a 1 žena. Věkový průměr zemřelých byl 60,3 let, nejmladšímu bylo 18 let, nejstaršímu 86 let. Ve všech 28 případech souvisela bezprostřední příčina smrti se střelným poraněním.

Ve 26 případech se jednalo izolované střelné poranění, ve 2 případech se jednalo o vícenásobné střelné poranění. V obou případech vícenásobných střelných poranění šlo o trojnásobné střelné poranění. V prvním případě došlo ke střelnému poranění břicha, pravé horní a pravé dolní končetiny; ve druhém případě ke dvojnásobnému střelnému poranění hrudníku a střelnému poranění hlavy. Vyjma jednoho poranění hromadnou střelou (sebevražda brokovnicí) se ve všech ostatních případech jednalo o poranění jednotnou střelou. Ve 24 případech byl případ Policií ČR klasifikován jako sebevražda, ve 4 případech jako vražda.

Ve 21 případech nebyly při pitvě ani na pmCT vyšetření shledány známky hniloby, v 6 případech byly mírné známky hniloby (charakteru přítomnosti plynu v jaterních žilách) zjištěny na pmCT, zatímco při pitvě se tělo jevílo zcela bez hnilobných změn a ve zbývajícím jednom případě bylo tělo již v pokročilém stupni hnilobného rozkladu. Přehled hodnocených případů těl zemřelých osob se střelným poraněním shrnuje tab. 7.

PŘÍPAD	POHLAVÍ	VĚK	TYP STŘELY	TYP STŘEL. PORANĚNÍ	POČET STŘEL	ZASAŽENÉ LOKALITY	ZPŮSOB SMRTI
1	M	85	jednotná	zástřel	1	hlava	sebevražda
2	M	41	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
3	M	83	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
4	M	42	hromadná	zástřel	mnoho (broky)	hrudník	sebevražda
5	M	85	jednotná	zástřel	1	hlava	sebevražda
6	M	33	jednotná	zástřel; zástřel;	3	břicho, PDK,	vražda

				průstřel		PHK	
7	M	69	jednotná	zástřel	1	hlava	sebevražda
8	M	63	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
9	M	65	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
10	M	51	jednotná	průstřel	1	hlava	vražda
11	M	86	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
12	M	76	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
13	M	85	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
14	M	83	jednotná	zástřel	1	hlava	sebevražda
15	M	67	jednotná	zástřel	1	hrudník	sebevražda
16	M	31	jednotná	zástřel	1	hlava	sebevražda
17	M	85	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
18	M	68	jednotná	zástřel	1	hlava	sebevražda
19	M	52	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
20	M	18	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
21	M	67	jednotná	zástřel	1	hlava	sebevražda
22	M	42	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
23	M	61	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
24	M	69	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
25	F	48	jednotná	zástřel	1	hlava	vražda
26	M	33	jednotná	zástřel; zástřel; průstřel	3	hlava, hrudník, hrudník	vražda
27	M	55	jednotná	průstřel	1	hlava	sebevražda
28	M	46	jednotná	zástřel	1	hrudník	sebevražda

**Tab. 7** Přehled případů hodnocených střelných poranění

## Výsledky morfologických nálezů charakteristických pro střelné poranění na pmCT:

### TYP A POČET STŘELNÝCH PORANĚNÍ

Z celkem 32 střelných poranění ( $26 + 2 \times 3 = 32$ ) byl na pmCT diagnostikován v 15 případech zástřel (14x jednotnou střelou, 1x hromadnou střelou), v 16 případech průstřel (jednotnou střelou). Na pmCT se nepodařilo s jistotou identifikovat jeden střelný kanál. Jednalo se o průstřel hrudníku u trojnásobného střelného poranění, u kterého probíhaly dva střelné kanály měkkými tkáněmi trupu v blízkosti sebe a zároveň se vzájemně křížily.

### LOKALIZACE STŘELNÝCH PORANĚNÍ

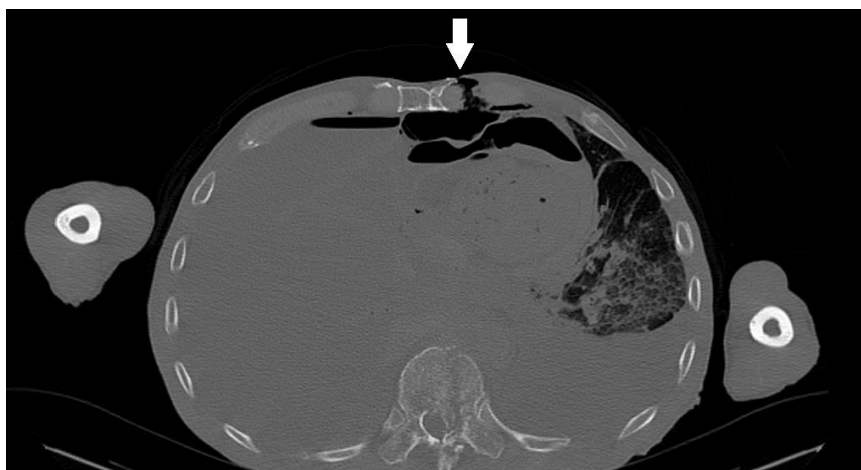
Ve 23 případech se jednalo o izolované střelné poranění hlavy a ve 3 případech o izolované střelné poranění hrudníku (2x jednotnou střelou, 1x hromadnou střelou). V případě prvního trojnásobného střelného poranění se jednalo o zástřel břicha, zástřel pravé dolní končetiny a průstřel pravé horní končetiny. U druhého trojnásobného střelného poranění se jednalo o zástřel trupu, průstřel trupu a zástřel hlavy, kdy vstřel byl ovšem v oblasti trupu.

### VSTŘEL

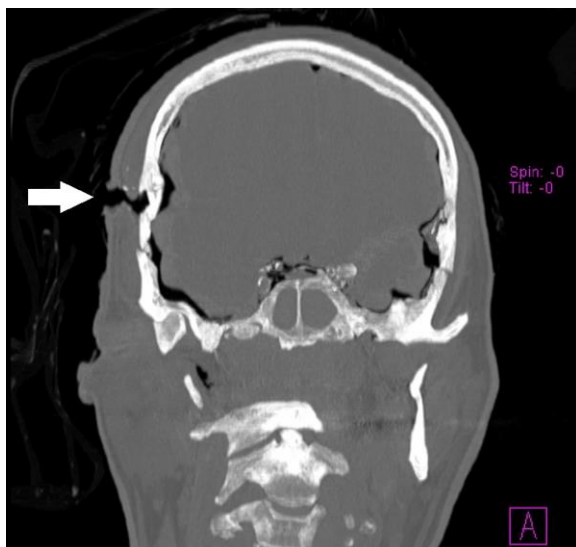
V oblasti vstřelu byl hodnocen

- na kůži: minus efekt, cípaté roztržení, ev. případné další pozitivní diagnostické morfologické nálezy na kůži,
- v podkoží: přítomnost kouřové dutiny,
- na kosti: beveling.

Z celkem 32 hodnocených střelných poranění byl *minus efekt* na pmCT na kůži rozpoznán ve 20 případech (62,5 %), ve 12 případech (37,5 %) nebyl minus efekt zřejmý. Viz obr. 6.1 a 6.2.

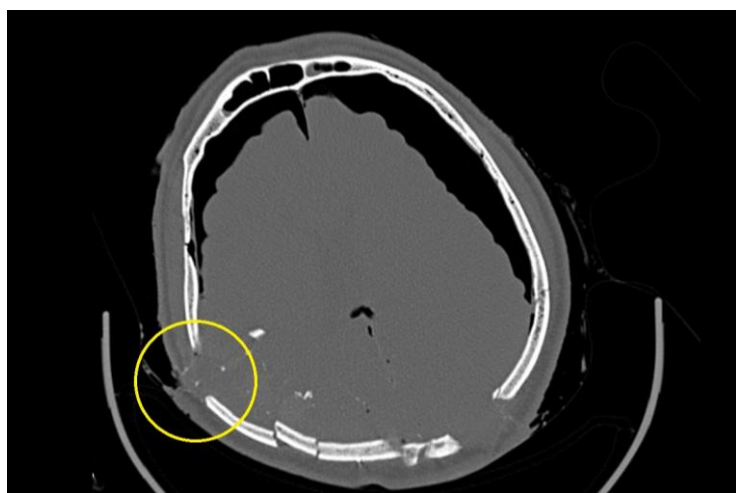


**Obr. 6.1** *Minus efekt v oblasti vstřelu na transverzálním řezu*



**Obr. 6.2** Minus efekt v oblasti vstřelu;  
koronární řez

*Cípaté roztržení vstřelu* bylo zřejmé v 19 případech (59,4 %), ve 13 případech (40,6 %) zřejmé nebylo. Viz obr. 6.3. Dále byly hodnoceny možné *další validní nálezy na kůži*, které by mohly na pmCT diagnostikovat oblast vstřelu. Mezi těmito nálezy byl v 8 případech (25,0 %) shledán jako diagnosticky přínosné odprýštěné kostěné úlomky či fragmenty střely v místě vstřelu, v 5 případech (15,6 %) zhrubělý povrch kůže v místě vstřelu a v jednom případě (3,1 %) byl zřejmý výrazný otok podkoží v porovnání s kontralaterální stranou.



**Obr. 6.3** *Cípaté roztržení vstřelu;*  
transverzální řez

V ostatních 18 případech (56,3 %) nebyly jakékoliv další nálezy v oblasti vstřelu pmCT vyšetřením zjištěny. V celkem 7 případech (21, 9 %) byly nalezeny všechny tři na kůži hodnocené známky (minus efekt, cípaté roztržení, ev. případné další pozitivní diagnostické morfologické nálezy na kůži), ve 13 případech (40,6 %) byly přítomny alespoň dvě ze tří výše

hodnocených známek, přičemž nejčastěji se jednalo o pozitivitu minus efektu a cípatého roztržení. Kombinace těchto dvou známek byla celkově přítomna v 15 případech (46,9 %).

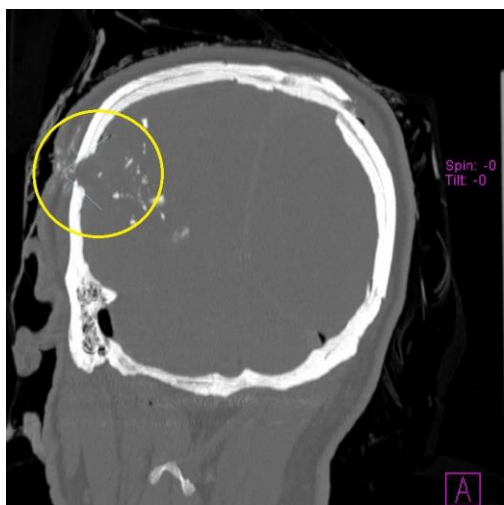
*Kouřová dutina* v podkoží v oblasti vstřelu byla na pmCT diagnostikována jako přítomnost vzduchových bublin či jako lem vzduchu v podkoží v oblasti vstřelu. Nález byl pozitivní v 18 případech (56,3 %), v 1 případě nebylo možné nález hodnotit z důvodu splývání vstřelu s vedlejší nosní dutinou a v 1 případě z důvodu pokročilé hniloby kůže i podkoží. V ostatních 12 případech (37,5 %) byl nález negativní. Průměr kouřové dutiny se pohyboval v rozmezí 2,5 – 7,4 cm a byl hodnocen jako nejširší rozptýl vzduchových bublin v podkoží na transverzálním řezu. Viz obr. 6.4.



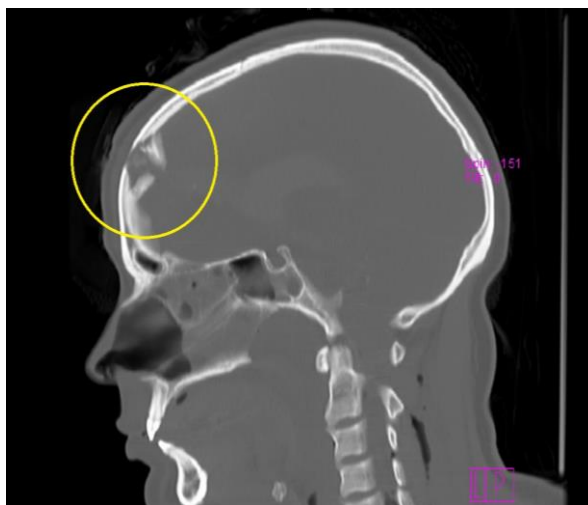
**Obr. 6.4** *Kouřová dutina;  
transverzální řez*

*Beveling* vnitřní desky ploché kosti byl v oblasti vstřelu rozpoznán v 18 případech z 25, ve kterých vstřel procházel kostěnými strukturami (72,0 %), z toho ve 4 případech byl pouze mírně vyjádřený, obtížně rozpoznatelný nebo nebyl vyjádřen na všech kostních úlomcích cirkulárně kolem vstřelu; ve 14 případech (43,8 %) byl velmi dobře a jednoznačně vyjádřený. Viz obr. 6.5, 6.6, 6.7 a 6.8. V 7 případech z celkových 32 střelných poranění (21,9 %) nebylo možné beveling hodnotit z důvodu vstřelu do měkkých tkání bez kostěného podkladu. V 7 případech (21,9 %) nebyl beveling vnitřní desky patrný, i přes to, že kostěný podklad byl přítomen. Z toho se ve 2 případech jednalo o vstřel v dutině ústní (viz obr. 6.9) a jednou o vstřel do pravé tváře přes maxilární dutinu, kde tenkostěnný kostěný podklad neumožnil validní zhodnocení a porovnání výtrže na vnitřní a zevní desce kosti. V dalších 2 případech (6,25 %) nebyl sice beveling vnitřní desky zřejmý, ale byla patrná everze kostěných úlomků směrem dovnitř, která naznačovala směr střelného kanálu. Absence bevelingu a zároveň i chybění everze kostěných úlomků v případě vstřelu do místa, kde je podkladem plochá kost (jednalo se celkem o 25 případů), tak byla přítomna pouze v 5 případech (20,0 %). Jinými

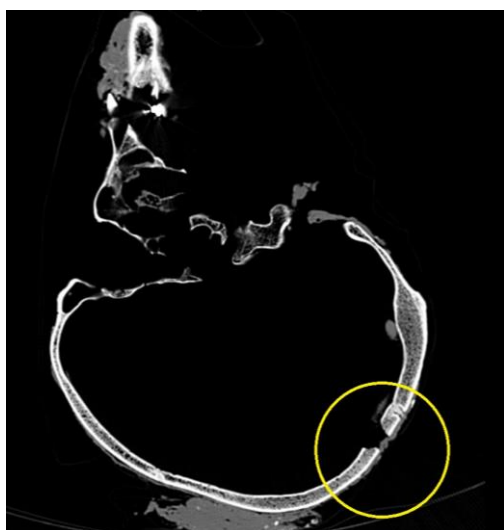
slovy, v 80,0 % případů (konkrétně u 20 případů z 25, kde byla podkladem vstřelu plochá kost) byl zřejmý beveling vnitřní desky, anebo everze kostěných úlomků ve směru střelného



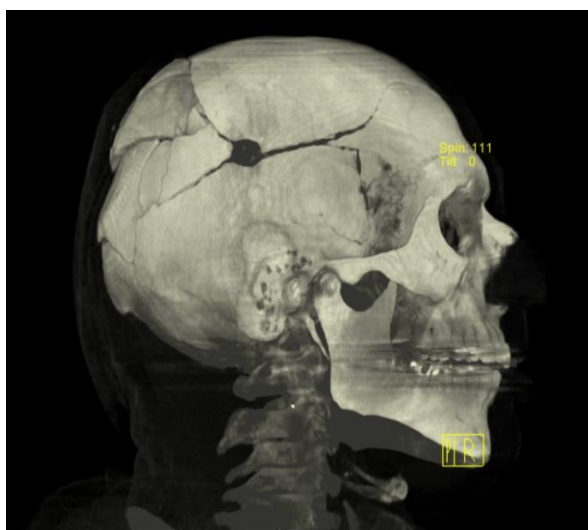
**Obr. 6.5** Beveling v oblasti vstřelu;  
koronární řez



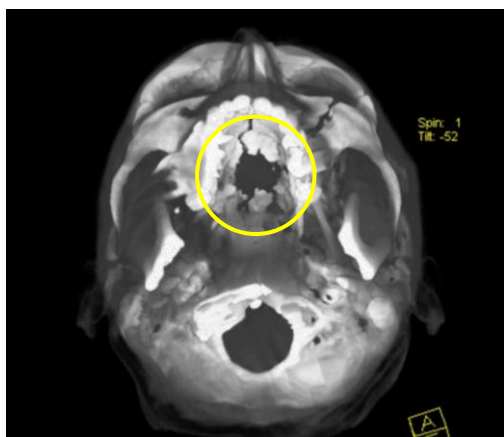
**Obr. 6.6** Beveling a everze kostěných úlomků  
v oblasti vstřelu; sagitální řez



**Obr. 6.7** Beveling v oblasti vstřelu;  
transverzální řez (vražda)



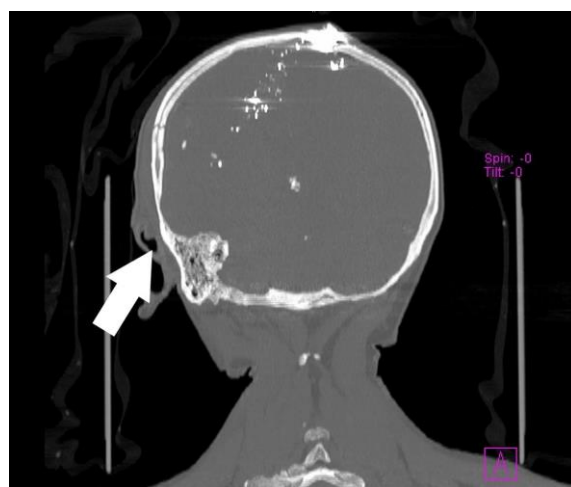
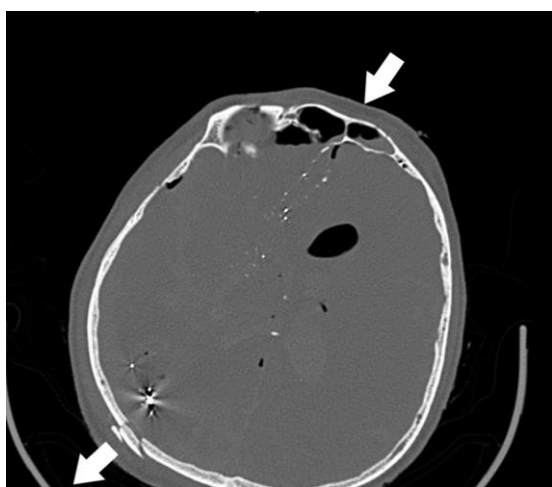
**Obr. 6.8** Vstřel; 3D rekonstrukce



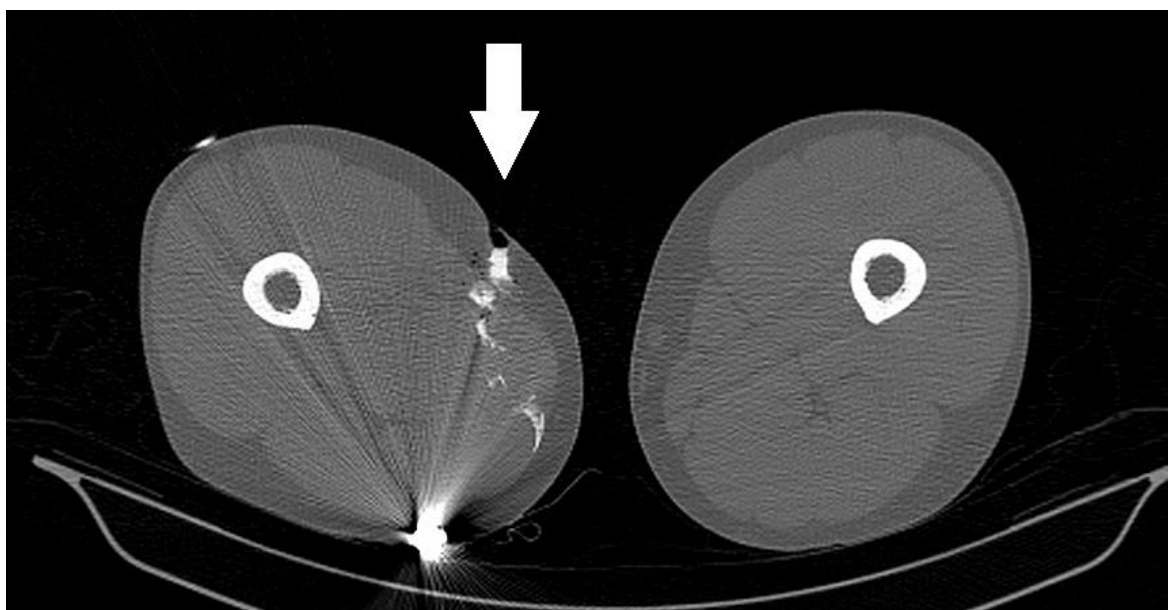
**Obr. 6.9** Vstřel v dutině ústní v oblasti  
tvrdého patra; 3D rekonstrukce

## STŘELNÝ KANÁL

Střelný kanál bylo možné bezpečně detekovat na pmCT ve 24 případech (75,0 %). Průběh střelného kanálu byl detekován přítomností vzduchových bublin v měkkých tkáních, přítomností kostěných sekundárních projektilů, ev. přítomností fragmentů střely. Viz obr. 6.10 a 6.11. V 8 případech (25,0 %) nebylo možné střelný kanál na pmCT bezpečně rozeznat. Ve třech z těchto osmi případů bylo důvodem výrazné roztříštění tvrdých i měkkých tkání bez zachování kompaktnosti tkání, v jednom případě navíc se známkami pokročilých hnilobných změn. V ostatních 5 případech (15,6 %) chyběly sekundární kostěné projektily ev. fragmenty střely, které by umožnily detekci střelného kanálu. V jednom případě byl proveden pokus o nástřik střelného kanálu v pravé dolní končetině (viz obr. 6.12).



**Obr. 6.10 a 6.11** Vizualizace střelného kanálu pomocí sekundárních kostěných projektilů a fragmentů střely



**Obr. 6.12** Nástřik střelného kanálu kontrastní látkou



## VÝSTŘEL

- na kůži: absence minus efektu, cípaté roztržení, everze okrajů zevně,
- v podkoží: absence kouřové dutiny,
- na kosti: beveling.

*Absenci minus efektu* bylo možné hodnotit pouze v případě průstřelu, který byl přítomen v 17 případech. Z těchto 17 případů nebyl pmCT obraz diagnostický pouze v jednom případě z důvodu pokročilé hniloby, v ostatních případech bylo možné nález na pmCT odečíst. Pro výstřelový defekt charakteristická absence minus efektu na kůži byla zřejmá ve 12 případech (70,6 %), zatímco ve zbylých 4 případech (23,5 %) byl nález minus efektu na kůži pozitivní.

Obdobně bylo možné *laceraci (cípaté roztržení) kůže* hodnotit pouze v 17 případech. Z nich byla lacerace zřejmá v 7 případech (41,2 %), v 9 případech (52,9 %) nebylo cípaté roztržení přítomno a v jednom případě nebylo možné nález hodnotit z důvodu pokročilých hnilobných změn.

*Everzi okrajů* ve směru střelného kanálu (tj. směrem ven) bylo možné pozorovat buď na kostěných úlomcích v oblasti výstřelového defektu<sup>13</sup> nebo na kůži v oblasti výstřelu ve 20 případech z celkových 32 střelných poranění (62,5 %), přičemž v 6 případech (18,8 %) bylo možné pozorovat everzi okrajů současně na kosti i kůži. V 5 případech (15,6 %) byl nález negativní i přesto, že byly zasaženy kostěné struktury. V 7 případech (21,9 %) nebylo možné známku hodnotit vzhledem k tomu, že se jednalo o zástřel bez výstřelového defektu na kosti a kůži. Pozitivní everze okrajů výstřelového defektu (kůže nebo kostěných úlomků) ve směru střelného kanálu tak byla zaznamenána u 80,0 % případů, u kterých bylo možné tento nález hodnotit (u 20 z 25). Viz obr. 6.13, 6.14, 6.15 a 6.16.

*Absenci kouřové dutiny* bylo možné hodnotit pouze v případě kompletního průstřelu, který byl přítomen v 17 případech. Z těchto 17 případů byla absence kouřové dutiny zřejmá v 8 případech (47,1 %), v dalších 8 případech (47,1 %) byl nález pozitivní, tj. byly shledány bublinky plynu na zevní desce kosti, tj. shodný obraz jakým byla hodnocena kouřová dutina v oblasti vstřelu. Ve zbývajícím 1 případě nebylo možné nález hodnotit z důvodu pokročilých hnilobných změn.

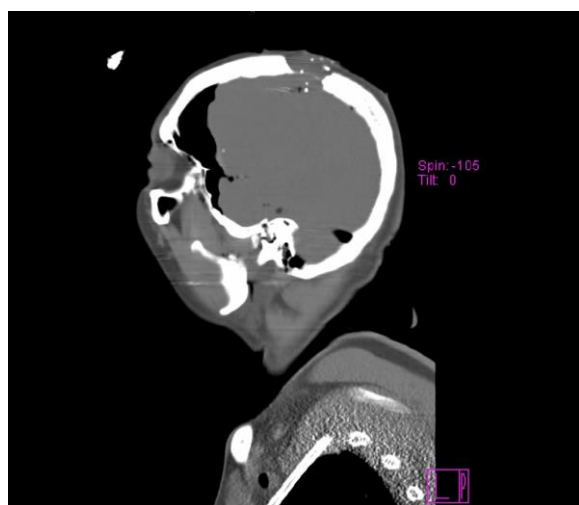
*Beveling* zevní desky bylo možné hodnotit ve 25 případech, a to v takových, kde střelný kanál ve své koncové části procházel kostěnými strukturami, ať už v případě průstřelu či zástřelu

---

<sup>13</sup> Everze kostěných úlomků byla výjimečně zřejmá na konci střelného kanálu i u zástřelu, a to v těch konkrétních případech, kdy střela neměla dostatek energie k proražení kůže a střelný kanál končil v podkoží.



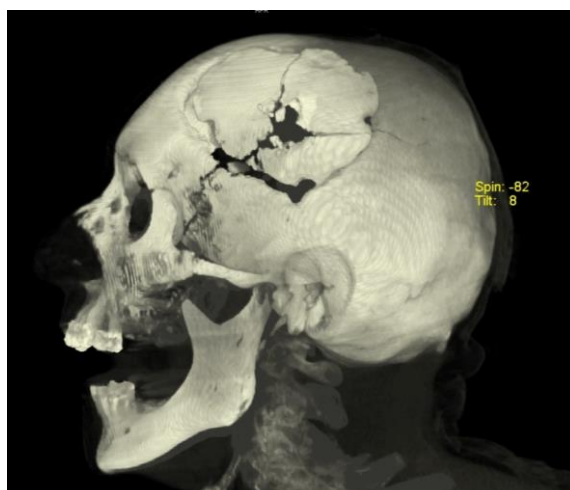
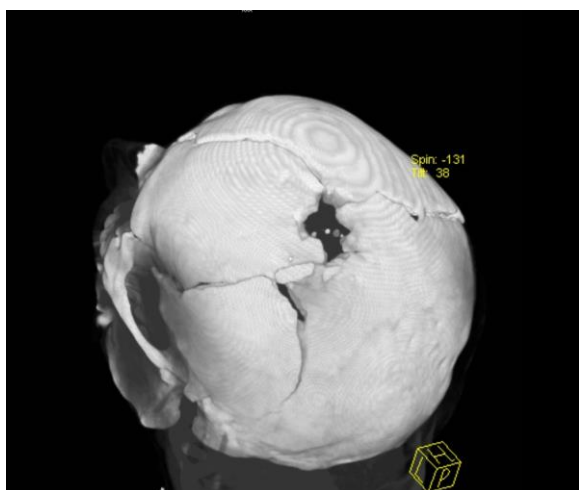
(viz obr. 6.13, 6.14, 6.15 a 6.16). Ve 21 případech (84,0 %) byl nález pozitivní, ve 4 případech (16,0 %) byl nález negativní.



**Obr. 6.13** Beveling v oblasti výstřelu;  
koronární řez



**Obr. 6.14** Beveling a everze kostěných  
úlomků v oblasti výstřelu; 3D rekonstrukce

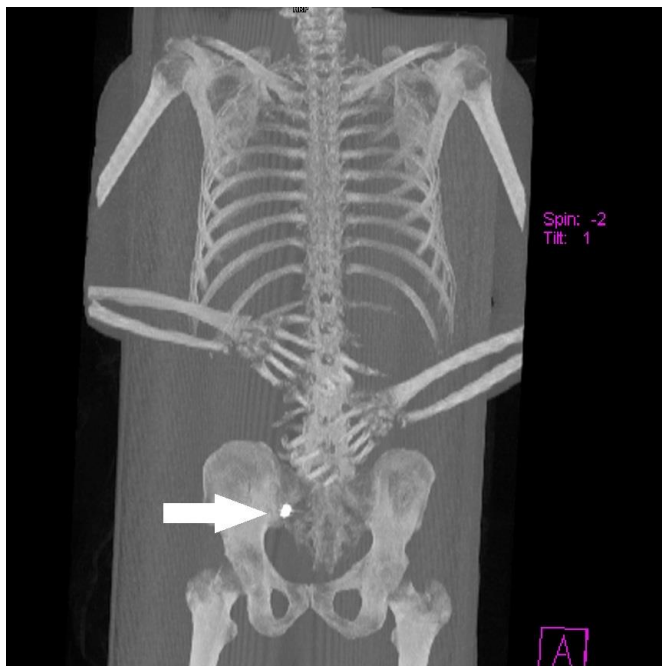


**Obr. 6.15 a 6.16** Beveling a everze kostěných úlomků v oblasti výstřelu; 3D rekonstrukce

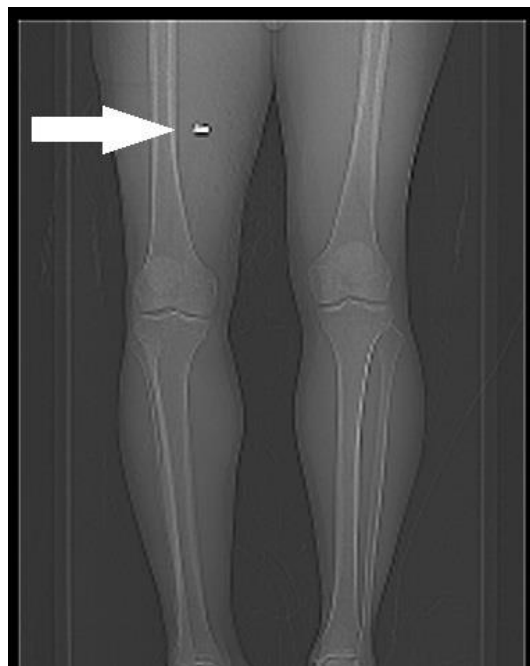
## STŘELA

Střela či její fragment/y byly na pmCT snímcích zachyceny v 17 případech (53,1 %) z celkových 32 případů. V 11 případech bylo možné změřit minimálně 2 rozměry, jednalo se o případy zástřelů. V ostatních 6 případech byly zjištěny pouze drobné obtížně přesně měřitelné fragmenty střely. V 16 případech bylo možné měřit denzitu střely. Z toho ve 14 případech byla denzita střely v rozmezí 2897–3071 HU, v jednom případě (shluk broků)

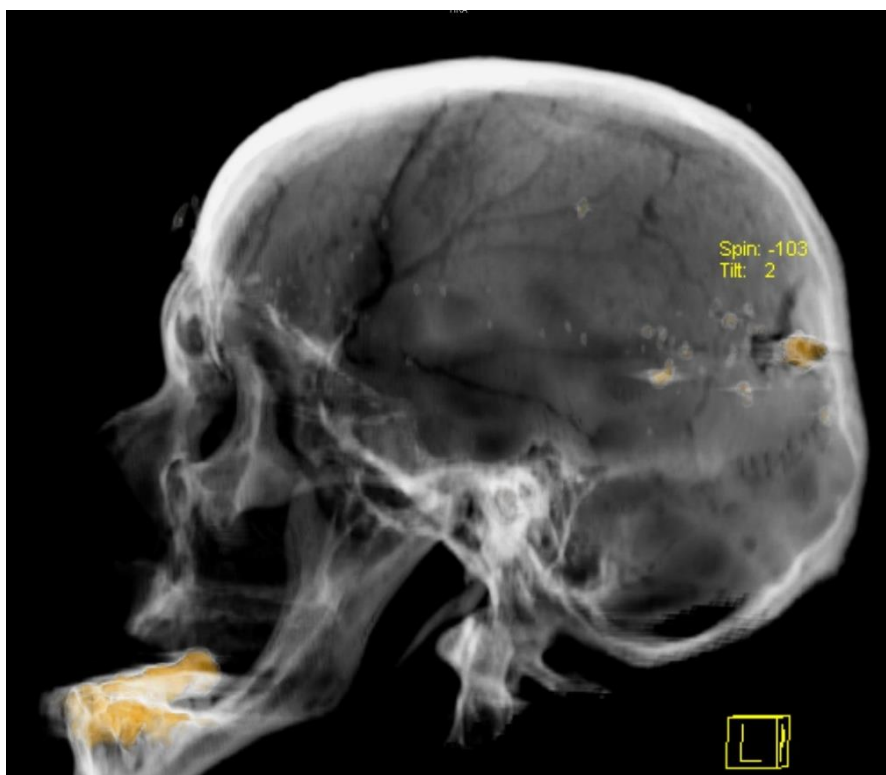
v rozmezí 1693–2778 HU a v jednom případě v rozmezí 405–828 HU (izolovaný brok).  
Viz obr. 6.17 až 6.25.



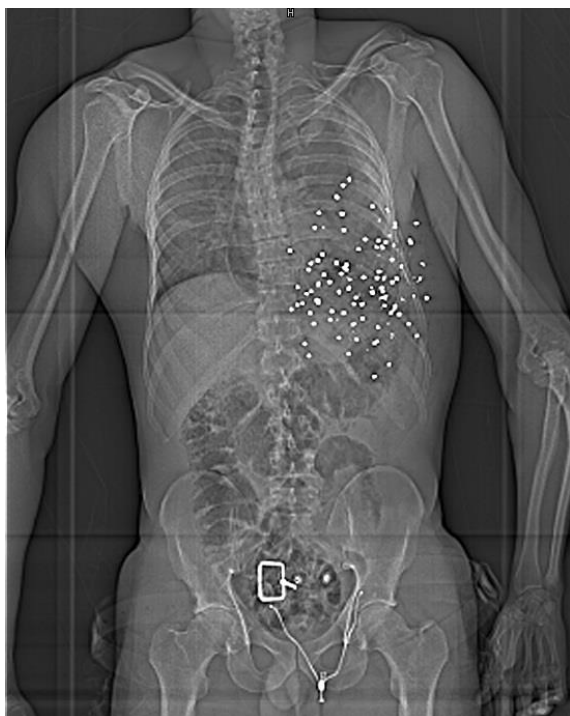
**Obr. 6.17** Zástřel do oblasti pánve; základní topogram trupu



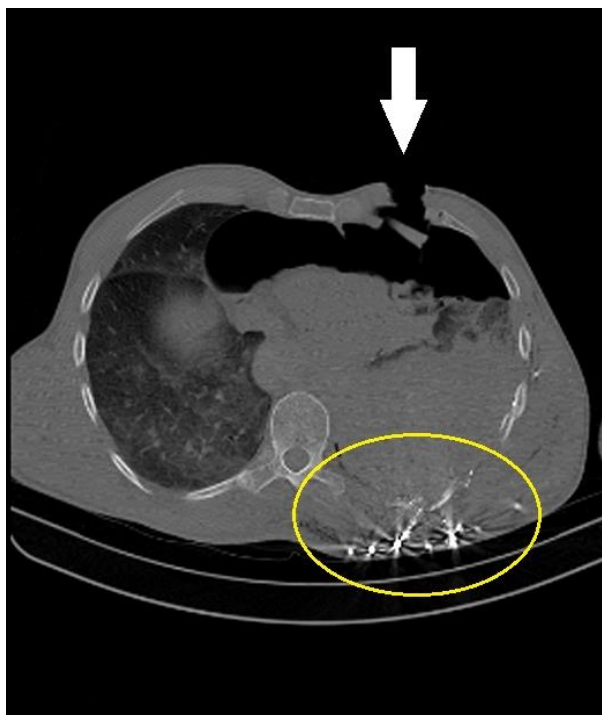
**Obr. 6.18** Zástřel do pravé dolní končetiny; základní topogram dolních končetin



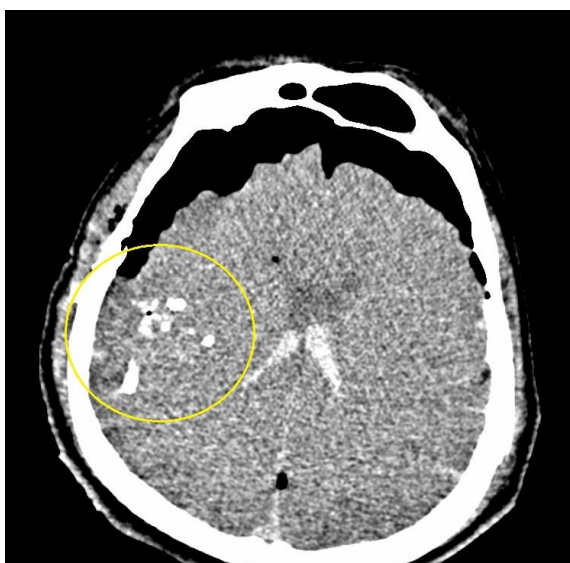
**Obr. 6.19**  
Zástřel dutiny lební,  
vizualizace  
kovového  
materiálu



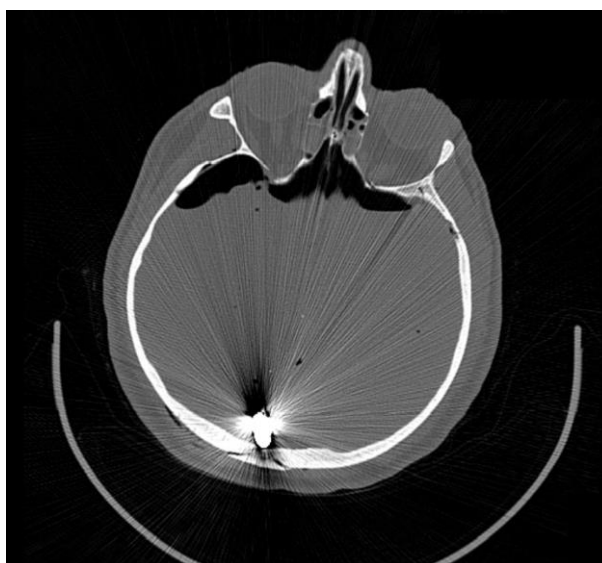
**Obr. 6.20** Zástřel hromadnou střelou;  
základní topogram trupu



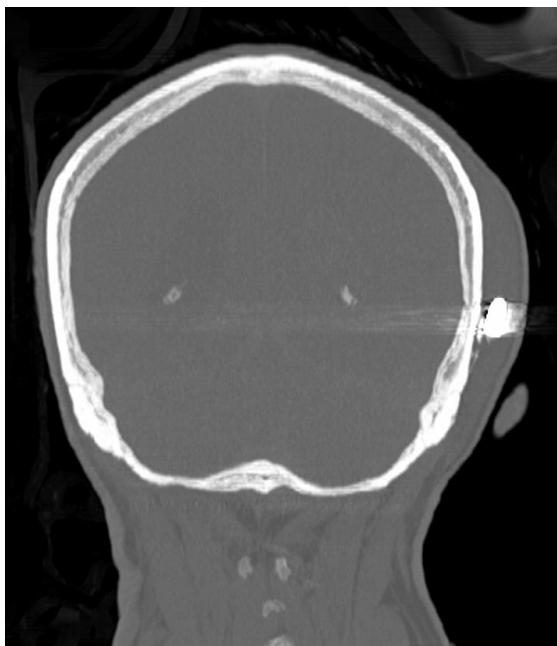
**Obr. 6.21** Zástřel hromadnou střelou;  
transverzální řez; minus efekt v oblasti vstřelu



**Obr. 6.22** Zástřel hlavy jednotnou střelou;  
fragmentace střely, krev v komorách,  
pneumokranium, transverzální řez



**Obr. 6.23** Zástřel hlavy jednotnou střelou,  
beveling zevní desky; transverzální řez



**Obr. 6.24** Zástřel hlavy, střela v podkoží na konci střelného kanálu, koronární řez



**Obr. 6.25** Zástřel hlavy – rekonstrukce s pohledem do dutiny lební

#### NÁLEZY SOUVISEJÍCÍ S PŘÍČINOU SMRTI

Ve 24 případech, u kterých zasahovalo střelné poranění oblast hlavy, byla v 17 případech (70,8 %) zjištěna přítomnost vzduchu v dutině lební (pneumokranium), v 15 případech (62,5 %) zároveň i pneumomyelie.

V 6 případech, ve kterých byla zasažena oblast trupu, bylo ve 4 případech zaznamenáno zakrvácení dutin, ve 2 případech pneumoperitoneum a ve 2 případech kolaps plic.

Z celkem 28 těl se střelným poraněním byl pozitivní nález plynu v krčních cévách a/nebo srdečních oddílech v 18 případech (64,3 %). V 8 případech se přitom jednalo o přítomnost plynu pouze v krčních cévách, bez nálezů plynových kolekcí v srdečních oddílech. Ve zbylých 11 případech byly nalézány plynové bubliny v srdečních oddílech, avšak z těchto 11 případů se ve 2 případech jednalo o průstřel srdce (a tedy o průběh střelného kanálu) a v dalších 4 případech byly současně v těle zřejmé počínající známky hnilobných změn vyjádřené přítomností většího množství plynu v jaterních cévách. Bez pochyb tedy bylo možné diagnostikovat vzduchovou embolii na pmCT pouze u 4 střelných poranění (14,3 %), přičemž ve všech čtyřech případech se jednalo o izolované střelné poranění hlavy.



**Obr. 6.26**  
*Pozitivní průkaz  
 vzduchové  
 embolie v  
 srdečních  
 oddílech*

### SMĚR STŘELBY

Z celkem 32 střelných poranění bylo možné bezpečně z pmCT snímků odečíst směr a průběh střelného kanálu v 29 případech (90,6 %). Ve dvou případech bylo určení směru nejisté. Jednalo se o průstřel pravé horní končetiny, kde nebyly zasaženy kostěné struktury a byl zřejmý pouze minus efekt na kůži a cípate roztržení vstřelu, zatímco výstřelový defekt byl bez těchto markant. V druhém případě šlo o průstřel hlavy se vstřelem v oblasti pravé tváře, kde byl jediný vodítkem určující směr střelby beveling v oblasti výstřelu. V jednom případě nebylo možné směr střelby bezpečně určit, a to v případě průstřelu hrudníku u trojnásobného střelného poranění, kde došlo ke křížení střelných kanálů a byly zasaženy pouze měkké tkáně.

### VZDÁLENOST STŘELBY

Jako jedinou na pmCT hodnotitelnou známkou, která by dovolila odlišit střelbu z absolutní blízkosti a střelbu z relativní blízkosti, resp. ze vzdálenosti byla shledána přítomnost kouřové dutiny. Na pmCT byla zjištěna přítomnost drobných bublin vzduchu v podkoží v okolí vstřelu signalizující kouřovou dutinu v 18 případech, ve 13 případech nebyla přítomnost bublin vzduchu v podkoží v okolí vstřelu zjištěna, v jednom případě nebylo možné nález validně zhodnotit pro pokročilé hnilobné změny a prostoupení měkkých tkání hnilobnými plyny. V pitevních protokolech byla přítom střelba z absolutní blízkosti diagnostikována ve 24 případech. V 7 případech se dle nálezu při pitvě jednalo o střelbu z relativní blízkosti nebo ze vzdálenosti, v jednom případě nebylo možné vzdálenost střelby určit pro pokročilé hnilobné změny. Současná diagnostická pozitivita střelby z absolutní blízkosti na pmCT



a při pitvě byla shledána v 16 případech (50,0 %), ve 2 případech byl nález na pmCT falešně pozitivní, v 8 případech falešně negativní.

## 6.5 Diskuze

Střelná poranění jsou ze soudnělékařského hlediska závažnou problematikou s významným forenzním přesahem. Z dostupných forenzně radiologických studií vyplývá nesporný přínos provedení pmCT vyšetření u střelných poranění (Thali et al. 2003, Sano et al. 2011, Makhoul et al. 2013, Usui et al. 2016, van Kan 2019). Zároveň je nezbytné zmínit, že pmCT plní bezesbýtku funkcionalitu RTG vyšetření, jehož indikace by měla být u střelných poranění absolutní. Doporučení provádět pmCT vyšetření standardně u všech střelných poranění se opírají o jednoznačný průkaz přítomnosti projektilů, a to nejen u zástřelů, ale především i u „domnělých“ průstřelů, určení počtu střel a znázornění případné fragmentace střely (střel). V některých případech lze více či méně přesně na základě velikosti, denzity a tvaru střely stanovit i typ střeliva, případně vyloučit užití více typů střeliva u vícenásobných střelných poranění (Thali et al. 2003). PmCT vyšetření dále na základě lokalizace a distribuce fragmentů střely, sekundárních kostěných úlomků a mikrobublin plynu znázorní průběh střelného kanálu a částečně umožní diagnostikovat poranění vnitřních orgánů. Rozptýl fragmentů střely a sekundárních kostěných projektilů napomůže určení směru střelby, což lze s výhodou využít zejména u střelných poranění, která se vyhýbají kostěným strukturám (zejména střelná poranění trupu) a nelze v těchto případech využít beveling k určení směru střelby. V neposlední řadě pmCT vyšetření poskytne informace o anatomické lokalizaci střely či střel a umožní její následné snazší vyjmutí při pitvě vč. zvolení vhodného pitevního postupu (Thali et al. 2003, Sano et al. 2011, Peschel et al. 2013, Usui et al. 2016).

Základní komparativní studii pitevních nálezů a pmCT nálezů provedli Kirchhoff a spol., kteří prokázali větší výtěžnost klasické pitvy oproti pmCT v rozpoznání střelných poranění (ve smyslu odhalení defektů kůže), avšak lepší výsledky pmCT v lokalizaci střel a jejich fragmentů (Kirchhoff et al. 2016). V případě významného poranění či poškození kožního krytu, např. u uhoření nebo v případě atypického uložení vstřelu (např. v dutině ústní) však může být zevní prohlídka těla nediagnostická a střelné poranění odhalí právě až provedené zobrazovací vyšetření (Sano et al. 2011).

Esenciálním předpokladem soudnělékařského hodnocení střelných poranění je schopnost diferenciac vstřelu a výstřelu, z níž vyplývá určení směru střelby; a dále určení vzdálenosti střelby (v kategoriích absolutní blízkost – relativní blízkost – střelba ze vzdálenosti).

Metodika a odečítání nálezů u střelných poranění na pmCT v předkládané práci byla zaměřena především na možnost rozlišení vstřelu a výstřelu na pmCT obrazech, v menší míře potom na určení vzdálenosti střelby.

Vstřelový a výstřelový defekt jsou charakteristické typickými pitevními morfologickými nálezy, které ve většině případů a v kontextu ostatních morfologických nálezů, umožňují jejich vzájemné rozlišení. Pouze některé z těchto morfologických známek charakterizující vstřel a výstřel lze ekvivalentně nalézt na pmCT zobrazení. Podstatou práce bylo tyto známky stanovit a analyzovat na souboru 32 střelných poranění a pokusit se tak na základě pmCT obrazu daného střelného poranění určit směr střelby, ev. vzdálenost střelby (v kategoriích absolutní blízkost – relativní blízkost – střelba ze vzdálenosti).

Jako možnou charakteristiku vstřelu, ekvivalentní makroskopické morfologii, lze na pmCT zobrazení považovat **minus efekt a cípáté roztržení kůže**. Obě známky byly ve studovaném souboru na pmCT nalézány v místě vstřelu ve více než polovině případů a zároveň absentovaly ve více než polovině případů v oblasti výstřelu. Avšak diagnostika poranění kůže a podkoží je na pmCT obraze poměrně problematická z důvodu nepříliš kvalitního zobrazení měkkých tkání, navíc mohou být tyto nálezy modifikovány přítomností oděvu a posmrtnou polohou. Výše uvedené markanty je tak nezbytné vždy usouvztažnit s nálezy na kostěných strukturách. Zároveň je nutné v této souvislosti upozornit na známý fakt, že morfologie vstřelového i výstřelového defektu je velmi nekonstantní, odvislá od typu použité palné zbraně a střeliva a od vzdálenosti střelby vč. úplné či neúplné těsnosti kontaktu hlavně s kůží (Šafr & Hejna 2010b). Hodnocení vstřelu a výstřelu na pmCT výhradně na základě dvou výše uvedených známek je tak v praxi nemožné. Pro určení směru střelby se zdá být poněkud více určující nálezy **evrtovaných kožních nebo kostěných okrajů** směrem zevně v oblasti výstřelu a směrem dovnitř v oblasti vstřelu. Everze okrajů zevně byla zjištěna v 80,0 % případů všech výstřelových defektů. Tento nálezy doplňuje **přítomnost sekundárních kostěných projektilů, fragmentů střely a mikrobublin plynu** v průběhu střelného kanálu, které jsou vmeteny, resp. odprýštěny ze vstřelového defektu do střelného kanálu. Ve studovaném souboru byla jejich přítomnost ve střelném kanálu zjištěna v 75,0 % a jejich absence se omezovala prakticky výhradně na případy „čistého“ průstřelu (či zástřelu) měkkými tkáněmi, bez poranění kostěných struktur. Nejrobustnější známkou, která ve většině případů s vysokou mírou spolehlivosti umožnila odlišení vstřelu a výstřelu byl na základě provedené analýzy shledán **beveling** (pozitivní v 72,0 % v oblasti vstřelu a v 84,0 % v oblasti výstřelu), který byl rozpoznán nejen na plochých kostech (nejčastěji lebky), ale i na jiných

kostěných strukturách (např. žebrech), byly-li zasaženy. PmCT vyšetření navíc v případě potřeby podrobného hodnocení bevelingu nabízí možnost detailního přiblížení okrajů defektu v kosti, s možností proměřovat rozměry a úhel zkosení zevní a vnitřní desky, a to až na desetiny milimetru, což představuje nespornou výhodu nejen oproti RTG vyšetření, ale i oproti konvenční pitvě, při které může dojít po sejmutí klenby lebni k zhroucení tříštivě frakturovaných kostních úlomků s nemožností komplexního posouzení defektu v kosti.

V některých případech beveling doprovázela everze kostěných úlomků směrem dovnitř ve směru střelného kanálu u vstřelu, resp. již výše zmíněná everze kostěných úlomků směrem zevně u výstřelu. Právě při postižení jiné, než ploché kosti se zdá být everze kostěných úlomků ve směru střelby diagnosticky významná z důvodu méně častého vytvoření typického trychtýřovitého vylomení na těchto kostech. V souvislosti s bevelingem je však třeba zmínit atypické nálezy typu *key hole* fenoménu, které mohou morfologický obraz, a tím i spolehlivost této známky, značně modifikovat (Bhoopat et al. 1995, Quatrehomme & Iscan 1998, Bonaccorso et al. 2014). Lze konstatovat, že v případě, kdy střelný kanál prostupuje kostěnými strukturami, je určení směru střelby na základě pmCT zobrazení významně snazší než v případě zasažení pouze měkkých tkání. Tento závěr stvrzuje nerozlišení jednoho ze střelných kanálů, který procházel pouze měkkými tkáněmi trupu na pmCT ve studovaném souboru. Prakticky shodné závěry prezentují ve svých studiích i Oehmichen et al. a Makhoul et al. (Oehmichen et al. 2004, Makhoul et al. 2013). Obtížnost soudnělékařského posouzení směru střelby v případě průstřelu měkkými tkáněmi na pmCT vyplývá z podstaty omezit se v tomto hodnocení pouze na morfologické měkkotkáňové nálezy v oblasti vstřelu a výstřelu, tj. především na minus efekt a cípaté roztržení kůže a nemožnosti spolehnout se na robustní diagnostickou průkaznost nálezů na kostěných strukturách. Směr střelby může v těchto případech však naznačit i případná lokalizace, distribuce a rozptyl fragmentů střely a přítomnost vzduchových mikrobublin v průběhu střelného kanálu. Makhoul et al. (2013) v té souvislosti zmiňují potřebu skenování těla v případě průstřelu trupu s potencialitou zasažení pouze měkkých tkání v supinační i pronační podobě tak, aby bylo možné provedení kvalitní rekonstrukce povrchu těla v místech, které naléhá na podložku a vizualizovat případná střelná poranění v těchto anatomických lokalitách. Potřebu 3D rekonstrukcí oproti pouhému 2D zobrazení jako podmínku zobrazení střelného poranění kůže zmiňuje i Peschel et al. (2013). Limitace v rozpoznávání a diferenciaci vstřelového a výstřelového defektu na pmCT a určení tak správného směru střelby zmiňuje i van Kan a kol. (2019). Určení přesné linie a úhlu střelby je v případech, kdy je střelný kanál na pmCT kvalitně vizualizován



poměrně snadné a může tvořit jednu z opěrných markant při zařazení případu do kategorie sebevraždy – vražda, ev. může napomoci forenznímu a kriminalistickému posouzení vzájemné polohy střelce a oběti (Sano et al. 2011).

Na základě provedené analýzy lze v souhrnu konstatovat, že diagnostika a diferenciací vstřelu a výstřelu je na pmCT poměrně snadná při průstřelu kostěnými strukturami, avšak značně obtížná při průstřelu měkkými tkáněmi. Klíčovou diagnostickou markantou rozlišující vstřel výstřel byl shledán beveling. Nespornou výhodou je možnost využití této markanty i u kompletně skeletizovaných těl (Peschel et al. 2013).

Zatímco určení směru střelby je na základě pmCT nálezů ve většině případů možné – v našem souboru, kde dominovala střelná poranění hlavy, bylo možné určit směr střelby ve více než 90 % případů – představuje určení vzdálenosti střelby komplikovanou problematiku, která se v praxi neobejde bez korelace s nálezem při pitvě. Makhlouf et. al. (2013) ve svých závěrech shrnují, že pmCT vyšetření je při aktuálním stavu poznání a technickém rozvoji ne zcela plnohodnotnou metodou, které by sama o sobě umožňovala bezpečně určit vzdálenost střelby (v kategoriích absolutní blízkost – relativní blízkost – střelba ze vzdálenosti). Na základě námi provedeného studia souboru střelných poranění byla jako jediná známka střelby z absolutní blízkosti shledána přítomnost kouřové dutiny, za jejíž pozitivitu byla považována přítomnost bublin plynu v podkoží či na zevní desce ploché kosti v okolí vstřelu. Už samotná „diagnostická jistota“ tohoto nálezu na pmCT je však problematická z důvodu očividné komunikace střelného kanálu s vnějším prostředím a přítomnost vzduchových bublin v podkoží v okolí vstřelu tak nelze jednoznačně usouvztažnit s mechanismem vzniku kouřové dutiny (expanzí úst'ových plynů v podkoží), resp. nelze vyloučit jejich prosté pasivní proniknutí do dané anatomické lokality zevně. Tento fakt dokládá i přítomnost vzduchových bublin na zevní desce v okolí výstřelu u téměř poloviny (47,1 %) průstřelů. Dále je třeba upozornit, že rozvoj hnilobných změn je spjat s tvorbou mikrobublin hnilobného plynu v měkkých tkáních. Jejich nález v podkoží tak může mimo přítomnost kouřové dutiny demonstrovat rozvoj hniloby. Mimo to je možná tvorba mikrobublin plynu a jejich záchyt na pmCT i v okolí zlomenin (Ulano et al. 2017). Komplikovanost hodnocení kouřové dutiny a obtížná korelace tohoto nálezu se vzdáleností střelby souhrnně deklarují předkládané výsledky, dle kterých byla současná pozitivita na pmCT i při pitvě shledána pouze v 50,0 % případů a byly zaznamenány falešně pozitivní i falešně negativní nálezy. Obdobné závěry potvrzují i nečetné práce zabývající se určením vzdálenosti střelby na pmCT (Makhlouf et al. 2013). Jistou výjimku mohou tvořit střelná poranění hromadnou střelou, kde je možné

odhadnout vzdálenost střelby na základě tzv. „efektu biliárové koule“ (Brogdon & Messmer 2011). Při pohybu hromadné střely jednotlivé broky narážejí vzájemně do sebe, dochází k jejich deformaci, mění se jejich rychlost a jejich výsledný rozptyl. Brokový shluk v letu je rozložen do délky a šířky, přičemž šířka brokového shluku je nejvíce ovlivněna zahrndlením a velikostí broků – čím je brok hrubší, tím je šířka shluku menší (Hejna & Pleskot 2009). U měkkotkáňových poranění, kde nejsou zasaženy kostěné struktury a není vytvořen beveling, tak může trychtýřovitá disperze roje broků ukázat směr střelby a na základě jejich rozptylu – zejména při znalosti použité zbraně a munice – dovolí i hrubé posouzení vzdálenosti střelby.

Oproti klasické pitvě dominuje pmCT zobrazení v diagnostice plynových kolekcí. V případě střelného poranění hlavy se zlomeninami zasahujícími vedlejší nosní dutiny nebo při poranění žilních splavů lebky a jejich komunikaci s vnějším prostředím, hrozí nasátí vzduchu do žil a vznik vzduchové embolie, které může být radiograficky patrná v žilách hlavy, krku, či hrudníku, ev. v srdečních oddílech (Brogdon & Messmer 2011). Obdobně je možné vytvoření vzduchové embolie při střelném poranění krku a trupu při zasažení žilního systému v těchto anatomických lokalitách. Nález vzduchové embolie je však vždy nutné konfrontovat s rozvojem hnilobných změn a posoudit možnost falešně pozitivního nálezu, což deklarují i námi zaznamenané výsledky. Oproti klasické pitvě dále pmCT umožňuje spolehlivě diagnostikovat pneumocefalus a pneumomyelii. Při zobrazení vzduchových bublin v měkkých tkáních v průběhu střelného kanálu je třeba mít na mysli jejich možné šíření podél svalových fascií, anebo přesun v tělních dutinách na základě gravitace, v jejichž důsledku nemusí rozmístění vždy odpovídat průběhu střelného kanálu (Brogdon & Messmer 2011).

Další výhodou pmCT je možnost detailní diagnostiky zlomenin obličejového skeletu, který nebývá vyjma pohmatového nálezu během pitvy standardně sekčně revidován. Klasická pitva naopak mnohem spolehlivěji prokazuje přítomnost zlomenin baze lební, jejichž zobrazení bývá na pmCT nepřesvědčivé (Makhlouf et al. 2013).

## **6.6 Závěr**

Na základě provedené analýzy lze shrnout, že pmCT představuje vhodnou komplementární zobrazovací metodu ke konvenčně provedené pitvě střelného poranění, kterou sice nelze považovat za alternativu precizně provedené pitvy, avšak v soudnělékařské diagnostice střelných poranění přináší poměrně mnoho diagnosticky a forenzně významných informací, které v některých hlediscích překonávají výstupy konvenční pitvy. Zároveň je nezbytné

zmínit absolutní indikaci zobrazovacího vyšetření u střelného poranění. PmCT vyšetření dokáže bezesbýtku nahradit funkci RTG vyšetření, a nadto přináší svými výstupy další přidané hodnoty.

Ještě před zahájením pitvy umožní ozřejmit přítomnost a lokalizaci projektilů a ve většině případů určit i směr střelby na základě rozlišení vstřelu a výstřelu. Nejvýznamnější markantou určující směr střelby je beveling, který doplňuje everze kostěných úlomků v oblasti vstřelu a výstřelu a distribuce střely, jejích fragmentů a sekundárních kostěných projektilů v průběhu střelného kanálu. Zobrazení střelného kanálu a jeho souvislost se vstřelovým a výstřelovým defektem je ve většině případů velmi dobře vizualizována rozložením sekundárních kostěných projektilů, fragmentů střely a mikrobublin plynu. Komplexní posouzení těchto nálezů je navíc možné na 3D rekonstrukcích.

V případě zástřelu pak pmCT mimo prosté lokalizace střely, kterou nabízí RTG vyšetření, přináší možnost určení jejího tvaru, velikosti, denzity a případné fragmentace. Nedostižné jsou výstupy z pmCT oproti klasické pitvě u případů těl v pokročilém hnilobném rozkladu a těžce termicky destruovaných těl.

PmCT zůstává nedostatečnou diagnostickou metodou v určování vzdálenosti střelby a jeho výpovědní diagnostická hodnota je výrazně limitována v případě absence zasažení kostěných struktur i při určování směru střelby. Omezením mohou být i artefakty způsobené kovovými součástmi střel, případně způsobené jinými kovovými materiály v těle (např. zubními výplněmi).

I přes jistá úskalí by provedení (jakéhokoliv) zobrazovacího vyšetření mělo být u střelného poranění nedílnou součástí standardního pitevního postupu. Zobrazovací vyšetření by mělo pitvajícího lékaře vést k aproximaci směru střelby ještě před samotnou pitvou, k hrubému odhadu vzdálenosti střelby (v kontextu se zevním nálezem) a především ke správnému naplánování strategie pitvy s cílem ozřejmění střelného kanálu, odhalení všech poraněných struktur a vyjmutí střely (v případě zástřelu).

Shrnutí doporučeného postupu u provádění pmCT vyšetření u střelného poranění ukazuje tab. 8.

POSTUP pmCT VYŠETŘENÍ	DOPORUČENÉ ZOBRAZENÍ	HODNOCENÉ NÁLEZY
<p>tělo v poloze na zádech</p> <p>oblečení ponecháno na těle</p> <p>CT hlavy a trupu</p> <p>CT končetin v případě jejich zasažení</p> <p>doporučeno: CT trupu v supinační i pronační poloze v případě průstřelu trupu</p>	základní topogram hlavy a trupu	přítomnost a počet střel zlomeniny kostí
	transverzální řezy hlavou a trupem	<u>vstřel / výstřel</u> : minus efekt, lacerace, everze kostěných či kožních okrajů, kouřová dutina, beveling
	transverzální řezy dalšími zasaženými lokalitami	<u>střelný kanál</u> : lokalizace střely, fragmentace střely, sekundární kostěné projektily, mikrobubliny plynu, směr střelného kanálu <u>střela</u> : velikost, denzita, tvar, integrita
	3D rekonstrukce povrchu těla zasažených lokalit	<u>vstřel / výstřel</u> : minus efekt, lacerace, everze kostěných či kožních okrajů
	3D rekonstrukce zasažených kostěných struktur	beveling

**Tab. 8** Doporučený postup pmCT vyšetření a hodnocené nálezy u střelného poranění

---

## 7. ZÁVĚRY DISERTAČNÍ PRÁCE

---

Výsledky disertační studie zaměřené na stanovení diagnostického významu výpočetní tomografie u tří diagnosticky ucelených skupin násilných úmrtí dovolují formulovat následující závěry, které samy o sobě zároveň představují naplnění výše definovaných cílů disertační práce (viz kapitola č. 2):

1. Byly sestaveny tři samostatné studijní soubory čítající celkem **68 osob**, které zemřely v důsledku **utonutí (27 osob)**, **bodnořezného poranění (13 osob)** nebo **střelného poranění (28 osob)**. U všech do studie zařazených jedinců bylo před pitvou provedeno pmCT vyšetření, po kterém následovala klasicky provedená pitva (zdravotní nebo soudní).
2. Pro každý studijní soubor byly definovány konkrétní diagnostické morfologické známky hodnocené na pmCT snímcích:

Pro studijní soubor zemřelých v důsledku **utonutí** bylo definováno celkem 14 diagnostických morfologických známek (**1. vodní rozedma plic, 2. Svěšnikova známka, 3. přítomnost pěny u úst, 4. přítomnost tekutiny v dutině ústní, nosní a v dýchacích cestách, 5. Wydlerova známka, 6. Sabinského příznak, 7. Uenova známka, 8. hemodiluce v levostranných srdečních oddílech, 9. přítomnost rozsivek, 10. descendentní typ hniloby, 11. otok mozku, 12. prosáknutí stěny žlučníku, 13. náplň střevního traktu a 14. náplň močového měchýře**), které byly analyzovány na pmCT snímcích. U všech výše popsaných diagnostických morfologických známek utonutí vyjma tří (přítomnosti rozsivek, náplň střevního traktu a náplň močového měchýře) byla provedena komparace s nálezy popsanými v pitevních protokolech.

Pro studijní soubor zemřelých v důsledku **bodnořezného poranění** bylo definováno celkem 10 diagnostických morfologických známek (**1. morfologická charakteristika vzhledu defektu kůže, 2. morfologická charakteristika známek obrany, 3. bodný kanál, 4. zakrvácení tělních dutin, 5. průnik vzduchu do dutin, orgánů a tkání, 6. plynová embolie, 7. aspirace krve, 8. vitální známky, 9. poranění kostěných struktur a 10. přítomnost části zraňujícího předmětu**), které byly analyzovány

na pmCT snímcích. Všechny výše popsané diagnostické morfologické známky byly komparovány s nálezy popsanými v pitvních protokolech.

Pro studijní soubor zemřelých v důsledku **střelného poranění** bylo definováno celkem 9 diagnostických morfologických známek (**1. typ a počet střelných poranění, 2. minus efekt (pro vstřel i výstřel), 3. cípaté roztržení kůže (pro vstřel i výstřel), 3. přítomnost kouřové dutiny (pro vstřel i výstřel), 4. everze okrajů rány, příp. další významné nálezy na kůži (pro vstřel i výstřel), 5. beveling (pro vstřel i výstřel), 6. everze kostěných úlomků (pro vstřel i výstřel), 7. střelný kanál, 8. přítomnost střely vč. rozměrů a denzity a 9. nálezy související s příčinou smrti**), které byly analyzovány na pmCT snímcích. Na základě analýzy těchto výše definovaných diagnostických morfologických známek bylo provedeno vyhodnocení a určení **směru střelby a vzdálenosti střelby**, které byly komparovány se závěry z provedené pitvy.

3. Na podkladě výsledků disertační studie je možné definovat diagnostický přínos pmCT vyšetření u tří výše vymezených kategorií násilných úmrtí (utonutí, bodnořezná poranění a střelná poranění) a stanovit spektrum konkrétních diagnostických známek přínosných pro forenzní radiologickou diagnostiku u dané diagnostické kategorie:

PmCT vyšetření u **utonutí**, resp. u těl vytažených z vody umožňuje zobrazení skupiny typických morfologických diagnostických nálezů charakteristických pro utonutí. Jedná se o:

- A. **vodní rozedmu plic** (pozitivita určena přítomností alespoň tří z těchto čtyř známek: **denzity vzhledu mléčného skla (*ground glass patterns* či *ground glass opacities*), přítomnost tekutiny v pohrudničních dutinách, nízké postavení bránice a kompletní překrytí perikardu plicními křídly),**
- B. **přítomnost tekutiny ve vedlejších nosních dutinách (Svěšnikova známka),**
- C. **přítomnost tekutiny v dýchacích cestách (dutině ústní, nosní, hrtanu, průdušnici a průduškách),**
- D. **Wydlerovu známku,**
- E. **hemodiluci v levostranných srdečních oddílech.**

Jako diagnostické známky, které lze hodnotit výhradně při klasické pitvě byly shledány macerace kůže, husí kůže, přítomnost pěny u úst, Paltaufovy skvrny pod poplicnicemi, Sehrtovy trhliny ve sliznici žaludku, hemolytická imbibice kořene aorty, přítomnost rozsivek v kostní dřeni a vnitřních orgánech a obecné známky dušení. Oproti tomu některé výše popsané radiologické pmCT nálezy hodnocené jako známky utonutí (konkrétně *ground glass patterns* či *ground glass opacities* – opacity vzhledu mléčného skla) nemají odpovídající morfologický pitevní obraz.

PmCT vyšetření u **bodnořezných poranění** umožňuje zobrazení pouze hrubých úrazových změn v oblasti kožního krytu, zatímco drobné a povrchové úrazové změny jsou ve většině případů pod rozlišovací schopností pmCT přístroje (v aktuální námi dosahované kvalitě obrazových výstupů). Doplnění pmCT vyšetření detailní zevní prohlídkou vč. extenzivní fotodokumentace je proto u případů bodnořezných poranění nezbytné. PmCT vyšetření však dominuje v diagnostice následujících nálezů:

- A. přítomnost volné tekutiny v tělních dutinách (zejména v dutině hrudní),**
- B. přítomnost vzduchu (plynu) v měkkých tkáních a tělních dutinách,**
- C. vzduchová (plynová) embolie,**
- D. poranění kostěných struktur,**
- E. průkaz přítomnosti cizích těles (zejména zalomených částí ostrých nástrojů).**

PmCT vyšetření u **střelných poranění** představuje robustní diagnostickou metodu, kterou lze vzhledem k absolutní indikaci zobrazovacího vyšetření u této diagnostické kategorie v případě dostupnosti výpočetního tomografu pro potřeby soudního lékařství považovat za metodu volby. Největší nadstavbovou hodnotu ke klasicky provedené pitvě přináší pmCT vyšetření u těch střelných poranění, při kterých jsou zasaženy kostěné struktury. PmCT vyšetření umožňuje bezpečně hodnotit následující nálezy:

- A. přítomnost a počet střel** vč. určení její/jejich velikosti, denzity, tvaru a integrity,
- B. diferencovat vstřel a výstřel** na základě zhodnocení a porovnání následujících nálezů v oblasti vstřelu a výstřelu: minus efekt tkáně, lacerace kůže, everze kostěných či kožních okrajů, přítomnost kouřové dutiny, beveling,

C. **vizualizovat průběh střelného kanálu** na základě lokalizace střely, rozptylu a lokalizace fragmentů střely, rozptylu sekundárních kostěných projektilů a rozložení mikrobublin plynu v měkkých tkáních,

D. **určit příčinu smrti** na základě průkazu zakrvácení dutin, přítomnosti vzduchu v dutinách, průkazu vzduchové embolie a poranění vnitřních orgánů.

Omezenou výpovědní hodnotu přináší pmCT vyšetření při určování vzdálenosti střelby, pro které je nezbytné současné zhodnocení vstřelového defektu zevní prohlídkou. Obdobně je snížený diagnostický přínos pmCT vyšetření zřejmý u případů, při kterých nejsou zasaženy kostěné struktury.

Napříč všemi hodnocenými diagnostickými kategoriemi byly shledány určité limity pmCT zobrazování. Zejména se jednalo o:

- rozvíjející se hnilobné změny,
- artefakty způsobené kovovými součástmi střel, případně jinými kovovými materiály v těle (např. zubními výplněmi),
- poranění kožního krytu, pro jejichž zobrazení není pmCT dostatečně citlivé,
- poranění a diskrétní nálezy v měkkých tkáních, pro jejichž zobrazení není pmCT dostatečně citlivé.

Napříč všemi diagnostickými kategoriemi byly shledány následující benefity pmCT vyšetření:

- **zobrazení cizích předmětů v těle** (především střel, střepin či zalomených ostrých nástrojů) ještě před započetím pitvy,
- **zobrazení zlomenin kostí, případně starších zhojených zlomenin (svalků)** ještě před započetím pitvy (významné především u pitev dětí a případů suspektního SIDS),
- **zhodnocení nálezů v anatomických lokalitách, které jsou standardní pitvou obtížně přístupné, zcela nepřístupné, případně jsou přístupné pouze za cenu těžké destrukce a mutilace těla** (např. zlomeniny kostry obličeje, poranění v oblasti páteře, pánve či spodiny lební),
- **dokumentace nálezů, které nejsou klasickou pitvou postižitelné** (např. plynových kolekcí),
- možnost **základní antropologické identifikaci jedince**,



- zobrazení **identifikačních markant**, které jsou využitelné v procesu individuální **identifikace** osoby neznámé totožnosti,
  - možnost **predikce pitevního nálezu a volba optimální preparační strategie před zahájením pitvy**,
  - možnost **trojrozměrné vizualizace a rekonstrukce nálezů** za pomoci metody multiplanární reformace,
  - obrazové výstupy z pmCT vyšetření jsou **objektivní a umožňují na osobě nezávislou interpretaci** nálezů,
  - obrazové výstupy z pmCT vyšetření lze **po neomezeně dlouhou dobu archivovat**,
  - obrazové výstupy z pmCT lze kdykoliv **dodatečně editovat a analyzovat**,
  - pmCT vyšetření **nevede k mutilaci těla a dovoluje základní virtuální diagnostiku v případech, kde není možné provést klasickou pitvu**, případně je její provedení eticky hraniční (např. nesouhlas s pitvou, náboženské důvody, (mikro)biologická či chemická kontaminace těla aj.),
  - kombinace zevní prohlídky a pmCT vyšetření (případně doplněné o odběr biologického materiálu pro laboratorní vyšetření) umožňuje dostatečně efektivní soudnělékařské vyšetřování v případech **hromadných neštěstí** (Sokol et al. 2010, Sokol 2017),
  - obrazové výstupy z pmCT slouží jako **efektivní a vizuálně přesvědčivý důkazní prostředek u soudu** u forenzně závažných kauz.
4. Pro každou z výše definovaných diagnostických kategorií byl na základě provedené disertační studie **navrhnut optimální vyšetřovací postup**, a to vč. **spektra diagnostických známek**, které je vhodné u dané diagnostické kategorie hodnotit na pmCT snímcích (viz tab. 4, tab. 6 a tab. 8). Navrhovaný postup vedle zacílení na ideální zobrazení požadovaných diagnostických známek dále optimalizuje vyšetřovací techniku pmCT s ohledem na minimalizaci časové ztráty jak před samotnou pitvou, tak při následném odečítání nálezů, tak aby bylo **vyšetření dostupné a relativně nenáročné i v rutinní soudnělékařské praxi** a zacílené na objektivně diagnosticky přínosné nálezy.

**Závěrem lze shrnout, že aplikace virtuálních metod v soudním lékařství představuje další diagnostický pilíř, který vnáší do soudnělékařské diagnostiky novou (nadstavbovou) rovinu poznání („virtuální rozměr“), objektivizuje diagnostické**

**výstupy oboru, nabízí alternativu ke klasické pitvě a jako důkazní prostředek významně posiluje forenzní přesahy oboru.**

---

## 8. NÁMĚTY PRO DALŠÍ VÝZKUM

---

V průběhu doktorského studia, při koncipaci disertační práce a analýze odborné literatury byla shledána řada tematicky významných podnětů, kterým by se autorka disertační práce ráda systematicky věnovala v budoucnu. Jedná se o následující vědecko-výzkumná témata:

1. analýza pmCT nálezů u utonutí na statisticky významnějším souboru utonuvších s komparací diagnosticky významných pmCT nálezů s pitevními nálezy a s kontrolním souborem;
2. diagnostika plynové embolie pomocí pmCT vyšetření u různých skupin násilných úmrtí (bodnořezná poranění, střelná poranění, dopravní úrazy, pády z výše, tupá poranění hlavy a krku aj.) vč. objektivizace falešně pozitivních nálezů;
3. využití pmCT vyšetření k individuální identifikaci jedince;
4. analýza pmCT vyšetření u dopravních nehod;
5. analýza zlomenin bércových kostí na pmCT u dopravních nehod chodců;
6. objektivizace objemu volné tekutiny v pohrudničních dutinách na pmCT snímcích;
7. diagnostický přínos zobrazení bevelingu zevní a vnitřní desky plochých kostí u střelných poranění na pmCT ve srovnání s konvenční pitvou;
8. aplikace pmCT angiografie do soudnělékařské praxe;
9. aplikace pmNMR do soudnělékařské praxe;
10. aplikace UV a IR fotografie a fotogrammetrie do soudnělékařské praxe.

---

## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

---

1. AMBROSETTI, M. C. et al., 2013. Virtual autopsy using multislice computed tomography in forensic medical diagnosis of drowning. *Radiol Med.* **118**(4), s. 679–687.
2. AVRAHAMI, R. et al. 1995., Endoscopic autopsy. *Am J Forensic Med Pathol.* **16**(2), s. 147–150.
3. BERAN, M., KRAJSA, J. & TOMÁŠEK, P., 2015. Poranění ostrým předmětem. In: HIRT, M. et al. *Soudní lékařství I. díl*. Praha: Grada, s. 175–185. ISBN: 978-80-247-5680-6.
4. BERTOZZI, G., MAGLIETTA, F., SALERNO, M. & CAFFARELLI, F. P., 2020. Forensic Radiology: Penetrating Versus Non-penetrating Trauma. In: LO RE G., ARGO A., MIDIRI M., CATTANEO C. (eds). *Radiology in Forensic Medicine*. Cham: Springer, s. 157–168. ISBN 978-3-319-96736-3.
5. BHOOPAT, T., 1995. A case of internal beveling with an exit gunshot wound to the skull. *Forensic Sci Int.* **71**(2), s. 97–101.
6. BONACCORSO, L. et al., 2014. A keyhole gunshot wound to the head: an autopsy case, *Aust J Forensic Sci.* **46**(3), 258–265.
7. BRINKMANN, B., 2004. Tod im Wasser. In: BRINKMANN, B. & MADEA, B., eds. *Handbuch gerichtliche Medizin: Band 1*. 1. Auflage. Berlin: Springer, s. 801. ISBN 3-540-00259-6.
8. BROGDON, B. G. & MESSMER, J. M., 2011 Forensic radiology of gunshot wounds. In: Thali, M. J., Viner M. D. & Brogdon B. G., eds. et. *Brogdons's Forensic Radiology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, s. 211–240. ISBN 978-1-4200-7562.
9. BYARD, R. W., KLITTE, A., GILBERT, J. D. & JAMES, R. A., 2002. Clinicopathologic features of fatal self-inflicted incised and stab wounds: a 20-year study. *Am J Forensic Med Pathol.* **23**(1), s. 15–18.
10. ÇULLU, N., et al., 2014. Efficacy of CT in diagnosis of transudates and exudates in patients with pleural effusion. *Diagn Interv Radiol.* **20**(2), s. 116–120.
11. DENZER, U. W., et al., 2013. Minimally invasive autopsy by using postmortem endoluminal and transluminal endoscopy and EUS. *Gastrointest Endosc.* **78**(5), s. 774–780.
12. DIRNHOFER, R., 2009. From autopsy to virtopsy: Oral description versus image: Value of evidence. In: THALI, M., DIRNHOFER, R. & VOCK P., eds., *The Virtopsy approach: 3D optical and radiological scanning and reconstruction in forensic medicine*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis, s. 3–11. ISBN: 978-0849381782.

13. DVOŘÁČEK, I., 2013. Utonutí. In: HERLE, P. et al. *Soudní lékařství pro všeobecné praktické lékaře*. Praha: Nakladatelství dr. Josefa Raabe, s. 68–70. ISBN 978-80-87553-75-6.
14. ECKERT, W. G. & GARLAND, N., 1984. The history of the forensic applications in radiology. *Am J Forensic Med Pathol.* **5**(1), s. 53–56.
15. FAIS, P. et al., 2016. Morphometric analysis of stab wounds by MSCT and MRI after the instillation of contrast medium. *Radiol Med.* **121**(6), s. 494–501.
16. FALLER-MARQUARDT, M., BOHNERT, M. & POLLAK, S., 2004. Detachment of the periosteum and soot staining of its underside in contact shots to the cerebral cranium. *Int J Legal Med.* **118**(6), s. 343–347.
17. FILOGRANA, L. et al., 2015. Freshwater drowning in a child: A case study demonstrating the role of post-mortem computed tomography. *Med Sci Law.* **55**(4), s. 304–311.
18. FOSBINDER, R. & ORTH, D., 2011. Computed tomography. In: FOSBINDER R. & ORTH D. *Essentials of Radiologic Science*. Baltimore: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, s. 253–270. ISBN 9780781775540.
19. FRIŠHONS, J. et al., 2017. Makrodiagnostické trendy současné soudnělékařské praxe v České republice. *Čas Lék Čes.* **156**(7), s. 384–390.
20. GOTSMEY, W. et al., 2019. Layering of stomach contents in drowning cases in post-mortem computed tomography compared to forensic autopsy. *Int J Legal Med.* **133**(1), s. 181–188.
21. GRABHERR, S. et al., 2018. Multi-phase post-mortem CT angiography: development of a standardized protocol. *Int J Legal Med.* **125**(6), 791–802.
22. GRABHERR, S. et al., 2018. Postmortem CT angiography compared with autopsy: a forensic multicenter study. *Radiology.* **288**(1), s. 270–276.
23. HADLEY, J. A. & FOWLER, D. R., 2003. Organ weight effects of drowning and asphyxiation on the lungs, liver, brain, heart, kidneys, and spleen. *Forensic Sci Int.* **137**(2–3), s. 239–246.
24. HAFFNER, H. T., GRAW, M. & ERDELKAMP, J., 1994. Spleen findings in drowning. *Forensic Sci Int.* **66**(2), s. 95–104.
25. HARWOOD-NASH, D. C., 1979. Computed tomography of ancient Egyptian mummies. *J Comput Assist Tomogr.* **3**(6), s. 768–773.
26. HAUSER, G., 1913. Die Zenkersche Sektionstechnik; eine Anleitung zur Vornahme von Sektionen für Studierende und Aerzte. Jena: Fischer Verlag, s. 100.
27. HEJNA, P. & PLESKOT, J., 2009. Poranění brokovou zbraní – hromadná střela. *Soud Lék.* **54**(1), s. 8–14.

28. HEJNA, P., SOKOL, M., REJTAR, P. & HORÁK, V., 2016. Zobrazovací metody v soudním lékařství. In HIRT, M., & VOREL, F. et al. *Soudní lékařství II. díl*. Praha: Grada, s. 204–208. ISBN: 978-80-271-0268-6.
29. HEJNA, P. et al., 2015. První virtuální pitva v České republice usvědčila vraha ze lži. *Fol Soc Med Leg Slov.* **5**(1), s. 11–16.
30. HEJNA, P. & ZÁTOPKOVÁ, L., 2015. Utonutí. In: HIRT, M. et al. *Soudní lékařství I. díl*. Praha: Grada, s. 175–185. ISBN: 978-80-247-5680-6.
31. HIRT, M., VOREL, F. & HEJNA, P., 2018. *Velký výkladový slovník soudnělékařské terminologie*. Praha: Grada, s. 22. ISBN: 978-80-247-1979-5.
32. HIRT, M., HEJNA, P. & KRAJSA, J., 2015a. Střelná poranění. In: HIRT, M., et al. *Soudní lékařství I. díl*. Praha: Grada, s. 117–145. ISBN: 978-80-247-5680-6.
33. HIRT, M., VOREL, F. & ZELENÝ, M., 2015b. Experimentální bodné poranění. *Soud Lék*, **60**(1), s. 2–3.
34. HOTTMAR, P., 1996. [Detection of fluid in paranasal sinuses as a possible diagnostic sign of death by drowning]. Article in German. *Arch Kriminol.*, **198**(3–4), s. 89–94.
35. HOURSCHT, C. et al., 2019. Learning from the living to diagnose the dead – parallels between CT findings after survived drowning and fatal drowning. *Forensic Sci Med Pathol.* **15**(2), s. 249–251.
36. CHRISTE, A. et al., 2008. Drowning--post-mortem imaging findings by computed tomography. *Eur Radiol.* **18**(2), s. 283–290.
37. CHRISTE, A. et al., 2010. Clinical radiology and postmortem imaging (Virtopsy) are not the same: Specific and unspecific postmortem signs. *Leg Med (Tokyo)*. **12**(5), s. 215–222.
38. INOKUCHI, G., YOSHIDA, M., MAKINO, Y. & IWASE H., 2019. Utility of contrast-enhanced computed tomography in forensic examination of a stab wound in living individuals. *Forensic Sci Med Pathol.* **15**(3), s. 463–469.
39. JANÍK, M., et al., 2013. An atypical impaling injury of the iliofemoral region. *Forensic Sci Med Pathol.* **9**(4), s. 607–610.
40. JUŘÍČEK L., et al., 2017. *Ranivá balistika – Technické, soudně-lékařské a kriminalistické aspekty*. Ostrava: KEY Publishing, s. 614. ISBN 978-80-7418-274-7.
41. KAWASUMI, Y. et al., 2012. Assessment of the relationship between drowning and fluid accumulation in the paranasal sinuses on post-mortem computed tomography. *Eur J Radiol.* **81**(12), s. 3953–3955.
42. KAWASUMI Y. et al., 2016. Distinction between saltwater drowning and freshwater drowning by assessment of sinus fluid on post-mortem computed tomography. *Eur Radiol.* **26**(4), s. 1186–1190.

43. KIM, K. I. et al., 2000. Near drowning: thin-section CT findings in six patients. *Comput Assist Tomogr.* **24**(4), s. 562–566.
44. KIRCHHOFF, S. M. et al., 2016. Postmortem computed tomography (PMCT) and autopsy in deadly gunshot wounds--a comparative study. *Int J Legal Med.* **130**(3), s. 819–826.
45. KOLČAVA, J., FOJTŮ, N. & MERLÍČEK, J., 2005. *Základy preparačních technik*. Brno: NCONZO, s. 88–89. ISBN. 80-7013-403-8.
46. KOVAŘÍK, D., REJTAR P., POHLOVÁ KUČEROVÁ Š. & HEJNA, P., 2019. Soudnělékařské diagnostika plynové embolie. In: *XX. Rozmaričovy soudnělékařské pracovní, Kouty nad Desnou 24. – 26. 4. 2019: program a sborník abstrakt z konference*. Olomouc. ISBN 978-80-244-5503-7.
47. KRUŽÍČ, I. et al., 2018. Virtual autopsy in legal medicine: literature review and example of application on the mummified remains. *Medicine, Law & Society.* **11**(2), s. 67–90.
48. KUČEROVÁ, Š. et al., 2014. Využití RTG vyšetření v soudním lékařství. *Soud Lék.* **59**(3): 34–38.
49. KUČEROVÁ, Š., VOJTÍŠEK, T. & HEJNA, P., 2016. Atypical stab injury suggesting ritual suicide. *Arch Med Sadowej Kryminol.* **66**(2), s. 1–8.
50. KUČEROVÁ, Š. HEJNA, P. & DOBIÁŠ, M., 2016. Význam otoskopie v soudnělékařské diagnostice: prospektivní studie. *Soud Lék.* **61**(2), s. 14–17.
51. LEVY, A. D. et al., 2007. Virtual autopsy: two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. *Radiology.* **243**(3), s. 862–868.
52. LUKOMSKIJ, V. J., 1869. *O pjatnach Tardje pri zadušenii*.
53. MAKHLOUF, F. et al., 2013. Gunshot fatalities: correlation between post-mortem multi-slice computed tomography and autopsy findings: a 30-months retrospective study. *Leg Med (Tokyo).* **15**(3), s. 145–148.
54. MALACHOVSKÝ, I. et al., 2011. Atypické strelné poranenie maxilofaciálnej oblasti. *Soud Lek.* **56**(1), s. 2–4.
55. MAXEINER, H., 1997. Detection of ruptured cerebral bridging veins at autopsy. *Forensic Sci Int.* **89**(1-2), s. 103–110.
56. MIMASAKA, S., OSHIMA, T. & OHTANI, M., 2012. Characterization of bruises using ultrasonography for potential application in diagnosis of child abuse. *Leg Med (Tokyo).* **14**(1), s. 6–10.
57. MOSKAŁA, A. et al., 2012. [Validity of post-mortem computed tomography angiography (PMCTA) in medico-legal diagnostic management of stab and incised wounds]. Article in Polish. *Arch Med Sadowej Kryminol.* **62**(4), s. 315–326.

58. NEČAS, P. & HEJNA, P., 2012. Eponyms in forensic pathology. *Forensic Sci Med Pathol.* **8**(4), s. 395–401.
59. NEORAL, L., 1985. *Časná stadia smrtelné hypoxie myokardu, jejich rozpoznání a soudnělékařský význam.* Disertační práce. Katedra soudního lékařství LF UP, Olomouc, s. 7–10.
60. OEHMICHEN, M., MEISSNER, C., KÖNIG, H. G. & GEHL, H. B., 2004 Gunshot injuries to the head and brain caused by low-velocity handguns and rifles. A review. *Forensic Sci Int.* **146**(2-3) s. 111–120.
61. OESTERHELWEG, L. et al., 2007. Virtopsy: fatal stab wounds to the skull--the relevance of ante-mortem and post-mortem radiological data in case reconstructions. *Leg Med (Tokyo).* **9**(6), s. 314–317.
62. PALMIERE C. et al., 2012. Detection of hemorrhage source: the diagnostic value of post-mortem CT-angiography. *Forensic Sci Int.* **222**(1–3), s. 33–39.
63. PALTAUF, A., 1888. *Über den Tod durch Ertrinken.* Wien: Urban & Schwarzenberg, s. 129.
64. PERSSON, A., JACKOWSKI, C., ENGSTRÖM, E. & ZACHRISSON, H., 2008. Advances of dual source, dual-energy imaging in postmortem CT. *Eur J Radiol.* **68**(3), s. 446–455.
65. PESCHEL, O., SZEIMIES, U., VOLLMAR C. & KIRCHHOFF S., 2013. Postmortem 3-D reconstruction of skull gunshot injuries. *Forensic Sci Int.* **233**(1–3), s. 45–50.
66. POLLANEN, M. S., 1997. The diagnosis value of the diatom test for drowning, II. Validity: analysis of diatoms in bone marrow and drowning medium. *J Forensic Sci.* **42**(2):286–290.
67. PRIYADARSHINI, C., PURANIK, M. P. & UMA S. R., 2015. Dental Age Estimation Methods: A Review. *Int J Adv Health Sci.* **12**(1), s. 19–25.
68. PROCHÁZKA I, 1999. Poranění ostrým předmětem – rány řezné, sečné, bodné. In: Vorel F., ed. *Soudní lékařství.* Praha: Grada, s. 151–157. ISBN 80-7169-728-1.
69. PÜSCHEL, K., SCHULZ, F., DARRMANN, I. & TSOKOS, M., 1999. Macromorphology and histology of intramuscular hemorrhages in cases of drowning. *Int J Legal Med.* **112**(2), s. 101–106.
70. QUATREHOMME, G. & IŞCAN, M. Y., 1998. Analysis of beveling in gunshot entrance wounds. *Forensic Sci Int.* **93**(1), s. 45–60.
71. RAUX, C. et al., 2014. Diagnosis of drowning using post-mortem computed tomography - state of the art. *Arch Med Sadowej Kryminol.* **64**(2), s. 59–75.



72. ROBERTS, I. S. et al., 2012. Post-mortem imaging as an alternative to autopsy in the diagnosis of adult deaths: a validation study. *Lancet*. **379**(9811), s. 136–142.
73. ROSS, P. R., et al., 1990. Preautopsy magnetic resonance imaging: initial experience. *Magn Reson Imaging*. **8**(3), s. 303–308.
74. ROSS, S., et al., 2012. Postmortem whole-body MRI in traumatic causes of death. *AJR Am J Roentgenol*. **199**(6), s. 1186–1192.
75. RUDER, T. D. et al., 2011. Suicidal knife wound to the heart: challenges in reconstructing wound channels with post mortem CT and CT-angiography. *Leg Med (Tokyo)*. **13**(2), s. 91–94.
76. SABINSKI, Z. J., 1865. *Suděbnomedicínske značenie pŕatĕn Tardje pri smerti ot zadušenija*.
77. SANO, R. et al. 2011. Use of postmortem computed tomography to reveal an intraoral gunshot injuries in a charred body. *Leg Med (Tokyo)*. **13**(6), s. 286–288.
78. SANO, R. et al. 2018. Use of postmortem computed tomography to retrieve small metal fragments derived from a weapon in the bodies of victims in two homicide cases. *Leg Med (Tokyo)*. **32**, s. 87–89.
79. SAVALL, F. et al., 2015. An unusual homicidal stab wound of the cervical spinal cord: A single case examined by post-mortem computed tomography angiography (PMCTA). *Forensic Sci Int*. **254**, s. 18–21.
80. SEHRT, E., 1932. Vorgang des Ertrinkens, seine Bekämpfung und Verhütung. *Münchener Med Wochenschr*. **31**, s. 1229.
81. SEHRT E., 1933. Zur Frage des Ertrinkungstodes und seiner Bekämpfung. *Münchener Med Wochenschr*. **20**, s. 762.
82. SERRAINO, S. et al., 2020. Imaging for ballistic trauma: other applications of forensic imaging in the living. In: LO RE G., ARGO, A., MIDIRI, M. & CATTANEO, C., eds. *Radiology in Forensic Medicine*. Cham: Springer, s. 169–180.
83. SHKRUM, M. J. & RAMSAY, D. A., 2006. Bodies recovered from water. Forensic pathology of trauma: common problems for the pathologist. Totowa: Humana press, s. 243–293.
84. SCHNIDER, J. et al., 2009. Injuries due to sharp trauma detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. *Leg Med (Tokyo)*. **11**(1), s. 4–9.
85. SCHUMACHER, M. et al., 1985. [Computer tomographic studies on wound ballistics of cranial gunshot injuries]. Article in German. *Beitr Gerichtl Med*. **43**, 95–101.

86. SCHUMACHER, M., OEHMICHEN, M., KÖNIG, H. G. & EINIGHAMMER, H., 1983. Intravital and postmortal CT examinations in cerebral gunshot injuries. *Rofo*. **139**(1), s. 58–62.
87. SLAVÍK, V., 1912. Utopení. In: *Soudní lékařství pro mediky a právníky*. Praha: Bursík a Kohout, s. 270–275.
88. SOKOL, M., PILIN, A., BENDL, P. & ZIKMUND, P., 2010. Mimořádné události s větším počtem zemřelých a koncepce DVI v ČR. *Soud Lék*. **55**(3), s. 28–31.
89. SOKOL, M., 2017. Forenzní radiologie. In SOKOL, M. *Novinky v soudním lékařství: učební texty pro vysokoškolskou výuku*. Hradec Králové: Univerzita obrany, Studijní texty Fakulty vojenského zdravotnictví Univerzity obrany, s. 32. ISBN 978-80-7231-363-1.
90. SVĚŠNIKOV, V. A, 1965 Über ein neues Zeichen zur Diagnostik des Ertrinkens. *Berichte der 2. erweiterten Konferenz des Gerichtsmediziner des nördlichen Kaukasus*.
91. ŠAFR, M. & HEJNA, P., 2010a. Rentgenové vyšetření střelných poranění. In: ŠAFR M. & HEJNA P. *Střelná poranění*. Praha: Galén, s. 203–207. ISBN: 9788072626960.
92. ŠAFR, M. & HEJNA, P., 2010b. Vstřel – vstřelový otvor, vstřelový defekt. In: ŠAFR M. & HEJNA P. *Střelná poranění*. Praha: Galén, s. 25–36. ISBN: 9788072626960.
93. ŠAFR, M. & HEJNA, P., 2010c. Výstřel – výstřelový otvor, výstřelový defekt. In: ŠAFR M. & HEJNA P. *Střelná poranění*. Praha: Galén, s. 51–60. ISBN: 9788072626960.
94. ŠAFR, M. & HEJNA, P., 2010d. Střelný kanál. In: ŠAFR M. & HEJNA P. *Střelná poranění*. Praha: Galén, s. 61–78. ISBN: 9788072626960.
95. ŠTEFAN, J, HLADÍK, J. & ADÁMEK, T., 2012. Forenzní traumatologie. In: ŠTEFAN, J. & HLADÍK, J. et al. *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Praha: Grada, s. 43–47. ISBN: 978-80-247-3594-8.
96. STRAKA, L., NOVOMESKY, F., KRAJCOVIC, J. & MACKO, V., 2009. Ritual suicide of a Japanese girl in the Slovak Republic. *Legal medicine (Tokyo)*, **11**(Suppl 1), s. 506–507.
97. STRAKA, L. et al., 2011. Vražda, samovražda alebo náhodný úraz. *Soud Lék*. **56**(2), s. 21–23.
98. STRAKA, L. et al., 2013. A planned complex suicide by gunshot and vehicular crash. *Forensic Sci Int*. **228**(1–3), s. 50–53.
99. TESAŘ, J., 1976. Utopení. In TESAŘ, J. *Soudní lékařství*. Praha: Avicenum, s. 215–226.
100. THALI, M. J. et al., 2007. VIRTopsy—the Swiss virtual autopsy approach. *Legal Medicine (Tokyo)*. **9**(2), s. 100–104.

101. THALI, M. J. et al., 2002. Forensic radiology with cross-section modalities: spiral CT evaluation of a knife wound to the aorta. *J Forensic Sci.* **47**(5), s. 1041–1045.
102. THALI, M. J. et al., 2003. Image-guided virtual autopsy findings of gunshot victims performed with multi-slice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) and subsequent correlation between radiology and autopsy findings. *Forensic Sci Int.* **138**(1–3), s. 8–16.
103. UBLOVÁ, M., KUČEROVÁ, Š. & ŠAFR, M., 2013. Tělo vytažené z vody. *Urg med.* **1**, s. 20–23.
104. UENO, M., 1966. Acute hemorrhage in the mastoid bone in cases of drowning. *Nihon Hoigaku Zasshi.* **20**, s. 513–523.
105. ULANO, A. C., VEDANTHAM, S. & TAKHTANI, D., 2017. Revisiting the indirect signs of a temporal bone fracture: air, air, everywhere. *Emerg Radiol.* **24**(5), s. 497–503.
106. URBANOVÁ, P., HEJNA, P. & JURDA, M., 2015. Testing photogrammetry-based techniques for three-dimensional surface documentation in forensic pathology. *Forensic Sci Int.* **250**, s. 77–86.
107. URBANOVÁ, P., JURDA, M., VOJTÍŠEK, T. & KRAJSA, J., 2017. Using drones for three-dimensional on-site body documentation. Poster. *AAFS 69th Annual Scientific Meeting*, New Orleans.
108. USUI, A. et al., 2016. Usefulness and limitations of postmortem computed tomography in forensic analysis of gunshot injuries: Three case reports. *Leg Med (Tokyo).* **18**, s. 98–103.
109. VAN HOYWEGHEN, A. J., JACOBS, W., OP DE BEECK, B. & PARIZEL, P. M., 2015. Can post-mortem CT reliably distinguish between drowning and non-drowning asphyxiation? *Int J Legal Med.* **129**(1), s. 159–164.
110. VAN KAN, R. A. T. et al., 2019. Post-mortem computed tomography in forensic investigations of lethal gunshot incidents: is there an added value? *Int J Legal Med.* **133**(6), s. 1889–1894.
111. VANDER PLAETSEN, S. et al., 2015. Post-mortem evaluation of drowning with whole body CT. *Forensic Sci Int.* **249**, s. 35–41.
112. VANĚČKOVÁ, M. et al., 2009. Comparison of prenatal ultrasound examination, post-mortem magnetic resonance imaging and autopsy (a case report - schizencephaly). *Ceska Gynekol.* **74**(3), s. 225–228.
113. VANĚČKOVÁ, M., KOTLAS, J., PETROVICKÝ, P. & CALDA, P., 2008. Post-mortem magnetická rezonance plodu – technika vyšetření. *Ces Radiol.* **62**(4), s. 384–387.

114. VANĚČKOVÁ, M. et al. Post-mortem magnetic resonance imaging and its irreplaceable role in determining CNS malformation (hydranencephaly)--case report. *Brain Dev.* **32**(5), s. 417–420.
115. VANĚČKOVÁ, M. et al., 2009. Virtuální pitva pomocí magnetické rezonance – kazuistika. *Cesk Slov Neurol N.* **72/105**(1), s. 73–76.
116. VOJTÍŠEK, T., KUČEROVÁ, Š., KYZLINK, P. & SOKOL, M, 2016. Správný postup při indikaci a provádění pitev v České republice. *Čas Lék Čes.* **155**, s. 377–382.
117. WYDLER, F., 1869. *Zur Diagnose des Ertrinkungstodes.*
118. YUKAWA, N., KAKIZAKI, E. & KOZAWA, S., 2013. Diatom and laboratory tests to support a conclusion of death by drowning. In: RUTTY G. N, ed. *Essentials of autopsy practice*. London: Springer, s. 1–36. ISBN 978-0-85729-519-4.
119. ZÁTOPKOVÁ, L., PLESKOT, J., UBLOVÁ, M. & HEJNA, P., 2012. Come and allow you to kill yourself. *Fol Soc Med Leg Slov.* **2**(2), s. 159–162.
120. ZÁTOPKOVÁ, L., HEJNA, P. & JANÍK, M., 2015. Hemolytic staining of the endocardium of the left heart chambers: a new sign for autopsy diagnosis of freshwater drowning. *Forensic Sci Med Pathol.* **11**(1), s. 65–68.